

**Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava**

**Fakulta bezpečnostního inženýrství**

**Katedra požární ochrany a ochrany obyvatelstva**

## **Používání termokamer ve výbavě jednotek PO**

**Student: Ladislav Novotný**

**Vedoucí bakalářské práce: Ing. Ladislav Jánošík**

**Studijní obor: Technika požární ochrany a bezpečnosti průmyslu**

**Datum zadání bakalářské práce: 17. října 2007**

**Termín odevzdání bakalářské práce: 30. dubna 2008**

**Místopřísežně prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci vypracoval samostatně.**

**V Ostravě dne 18. dubna 2008**

**Ladislav Novotný**

## **Anotace**

NOVOTNÝ, L.: *Používání termokamer ve výbavě jednotek PO*. Bakalářská práce. Ostrava, VŠB – technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství. 2008. 42 stran.

Bakalářská práce je zaměřena na analýzu současného stavu vybavení jednotek PO termokamerami. Poskytuje přehled o počtu a rozmístění této techniky v rámci České republiky.

Cílem práce je posouzení možností použití termokamer a zjištění rizikových míst při jejich nasazení. Dalším cílem práce je porovnání vybavenosti termokamerami a srovnání stávající techniky s technikou dostupnou na trhu.

Hlavní důraz je kladen na Moravskoslezský kraj a na základě výsledků multikriteriální analýzy je navrženo doporučení pro doplnění této techniky.

Klíčová slova: termokamera, orientace v kouři, záchrana osob

## **Annotation**

NOVOTNÝ, L.: *The Utilization of Thermocameras in Fire Brigade Equipment*. Bachelor thesis. Ostrava, VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Safety Engineering. 2008. 42 pages.

The Bachelor thesis intends on an analysis of today's fire brigade's units' equipments by thermocameras. It provides a summary about their count and placement in Czech Republic.

Objective of this task is examination of using thermocameras and the risks connected to their usage. Another point of this summary is comparison of thermocameras' availability and today's technology in comparing to the newest technology.

Main objective is laid on Moravian-silesian region. On the results of this analysis is based a suggestion to recharging by this technology.

Keywords: Thermocamera, orientation in smoke, rescue persons

<b>Úvod</b> .....	1
<b>Rešerše</b> .....	2
<b>1. Infračervené záření</b> .....	3
1.1. Historie .....	3
1.2. Infračervené záření .....	3
1.3. Šíření infračerveného záření v atmosféře .....	4
1.4. Zákony záření .....	5
1.4.1. Absolutně černé těleso .....	5
1.4.2. Planckův zákon .....	7
1.4.3. Wienův zákon.....	8
1.4.4. Wienův zákon posuvu .....	8
1.4.5. Stefan-Boltzmannův zákon .....	8
1.4.6. Kirchhoffův zákon .....	8
<b>2. Detektory záření</b> .....	10
2.1. Obecná charakteristika .....	10
2.2. Dělení detektorů .....	12
2.2.1. Termoelektrické detektory .....	12
2.2.2. Pyroelektrické detektory .....	12
2.2.3. Bolometrické detektory .....	13
2.2.4. Intrinsické detektory .....	13
2.2.5. Extrinsické detektory.....	14
2.2.6. QWIP.....	14
<b>3. Použití termokamer</b> .....	15
3.1. Stavebnictví .....	15
3.2. Průmysl.....	15
3.3. Zdravotnictví .....	16
<b>4. Použití termokamer v požární ochraně</b> .....	17
4.1. Historie použití v požární ochraně .....	17
4.2. Dokumentace.....	18
4.3. Možnosti použití termokamer v požární ochraně.....	19
4.3.1. Orientace v nepřehledném prostředí.....	19
4.3.2. Vyhledávání a záchrana osob .....	20
4.3.3. Získání přehledu o situaci .....	21

4.3.4.	Zvládání požárů v přírodě .....	22
4.3.5.	Zjišťování stavu naplnění nádob .....	22
4.3.6.	Použití při zásazích s přítomností nebezpečné látky .....	23
4.3.7.	Vyhledání místa pro odvětrávací otvor .....	23
4.3.8.	Určování ohniska požáru a směru šíření .....	24
4.3.9.	Hledání skrytých ohnisek .....	24
4.3.10.	Výcvik .....	24
<b>5.</b>	<b>Vybavenost HZS krajů termokamerami.....</b>	<b>25</b>
<b>6.</b>	<b>Vybavenost HZS Moravskoslezského kraje termokamerami.....</b>	<b>27</b>
<b>7.</b>	<b>Riziková místa při použití termokamer .....</b>	<b>29</b>
<b>8.</b>	<b>Porovnání používané techniky s technikou nabízenou výrobcí .....</b>	<b>31</b>
<b>9.</b>	<b>Doporučení pro případný nákup nové techniky do výbavy jednotek PO.....</b>	<b>33</b>
	<b>Závěr.....</b>	<b>35</b>
	Literatura .....	37
	Seznam obrázků .....	40
	Seznam tabulek .....	42
	Seznam příloh.....	42

# Úvod

Nedostatečná viditelnost a orientace v zakouřeném prostředí způsobuje hasičům vždy problémy. Kouř snižuje viditelnost, a komplikuje tak práci zasahujícím hasičům. V silně zakouřeném prostředí přichází hasič o většinu smyslů a často se může spolehnout pouze na hmat. Vývoj techniky nabídl možnost navrátit hasiči v takovém prostředí zrak. Řešením je použití termokamery. Zpočátku bylo používání termokamer v požárních jednotkách spíše výjimečné. Termokamera byla brána převážně jako zajímavá novinka než jako prostředek, který by se měl stát standardním vybavením.

Cílem bakalářské práce je vytvoření přehledu o vybavenosti jednotek požární ochrany termokamerami, vytvoření návrhu a doporučení pro nákup nové techniky.

Bakalářská práce je rozdělena do dvou oddílů. První oddíl je zaměřen na vývoj poznání infračerveného záření, jeho základní charakteristiky a zákony záření. V této teoretické části jsou dále uvedeny detektory záření a jejich základní rozdělení.

Druhý oddíl je rozdělen do několika částí. V první části jsou podrobněji popsány možnosti využití termokamer jak v požární ochraně, tak i v jiných vybraných odvětvích. Následně je v práci uveden přehled vybavenosti termokamerami v jednotlivých krajích s důrazem na Moravskoslezský kraj. Další část je zaměřena na riziková místa, která mohou nastat v požární ochraně při použití termokamer a na porovnání používané techniky s nejnovější dostupnou technikou. V závěru práce je na základě získaných poznatků navrženo doporučení pro nákup nové techniky.

## Rešerše

KREIDL, M.: *Měření teploty: Senzory a měřící obvody*. 1. vyd. Praha: BEN, 2005. 240 s.  
ISBN 80-7300-145-4.

V publikaci jsou zpracovány fyzikální principy senzorů pro měření teploty. Podle těchto fyzikálních principů je publikace dále rozdělena do kapitol. U jednotlivých typů detektorů jsou uvedeny charakteristiky, konstrukce a měřící obvody.

LYSENKO, V.: *Detektory pro bezdotykové měření teplot*. 1. vyd. Praha: BEN, 2005. 160 s.  
ISBN 80-7300-180-2.

Kniha se věnuje bezdotykovému měření teploty. Popisuje detektory, principy jejich činnosti a jejich aplikaci. Z detektorů se zabývá fotodetektory a tepelnými detektory. Hlavní pozornost je věnována kvantovým typům detektorů. Závěr knihy se věnuje metodám bezdotykového měření teploty. Textová část je doplněna grafy a tabulkami.

Ministerstvo vnitra – Generální ředitelství HZS ČR: *Bojový řád jednotek požární ochrany* [online]. c2005 [cit. 2008-04-04]. Dostupný z WWW:<[http://www.mvcr.cz/hasici/izs/bojrad/index\\_hasici.html](http://www.mvcr.cz/hasici/izs/bojrad/index_hasici.html)>.

Tato publikace je určena pro příslušníky HZS. Jedná se o metodickou příručku, ve které jsou popsány postupy a činnosti při zásahu. Bojový řád je rozdělen na jednotlivé kapitoly podle druhu činnosti, která převládá. Tyto kapitoly jsou dále děleny na metodické listy. Každý z metodických listů popisuje dané činnosti.

# 1. Infračervené záření

## 1.1. Historie

V roce 1666 přišel Sir Isaac Newton (1643 – 1727) s objevem, že sluneční světlo je dělitelné. Zjistil, že bílé světlo se skládá ze sedmi barev a nazval je spectrum. Objev infračerveného záření se datuje až do doby před 208 lety. V roce 1800 Sir William Herschel (1738 – 1822) rozložil za pomoci skleněného hranolu sluneční světlo na jednotlivá barevná pásma a do těchto pásem vložil sadu rtuťových teploměrů. Po ustálení ukazovaly teploměry různé hodnoty. Teploty stoupaly od fialového konce spektra směrem k červenému konci spektra. Poté přiložil teploměr i do oblasti za červeným okrajem spektra a zjistil, že v této části ukazuje teploměr vyšší hodnoty než v kterékoliv části červeného spektra. Poprvé tak vznikl důkaz existence slunečního záření za hranicí červené části spektra. Tato oblast byla nazvána infračervenou z latinského slova *infra* = pod. Pokračovatelem Herschela se stal James Clerk Maxwell (1831 – 1879) s teorií elektromagnetického záření. Tato teorie vysvětluje existenci souvislostí mezi viditelným světlem a infračerveným zářením, lišících se pouze vlnovými délkami a fyzikálními účinky. Podrobnější informace jsou uvedeny v literatuře [1, 14].

Na tyto objevy dále navázali Planck, Kirchhoff, Stefan, Boltzman, Wien, Rayleigh.

## 1.2. Infračervené záření

Infračervené záření je elektromagnetické vlnění, které má stejné fyzikální vlastnosti jako viditelné záření. V prostoru se šíří rychlostí světla. Lze jej odklánět od původního směru lomem nebo odrazem a soustřeďovat nebo rozkládat na monochromatické složky. Tvoří je příčné elektromagnetické vlny, které se šíří v homogenních prostředích přibližně přímočaře. Kromě vlnových vlastností má záření i částicové vlastnosti. Toto záření zabírá v spektru podstatně větší oblast než viditelné záření. Nachází se mezi viditelným zářením a mikrovlnou částí spektra. Infračervené záření lze rozdělit na tři oblasti. Na blízkou oblast infračerveného záření ( $\lambda = 780 - 1400 \text{ nm}$ ), střední infračervenou oblast ( $1,4 - 3 \text{ }\mu\text{m}$ ) a vzdálenou infračervenou oblast ( $3 \text{ }\mu\text{m} - 1000 \text{ }\mu\text{m}$ ) [2]. Přesné hranice mezi jednotlivými částmi infračerveného záření nejsou stanoveny a toto dělení se může u různých autorů lišit. Podrobnější informace lze nalézt v literatuře [2, 3].

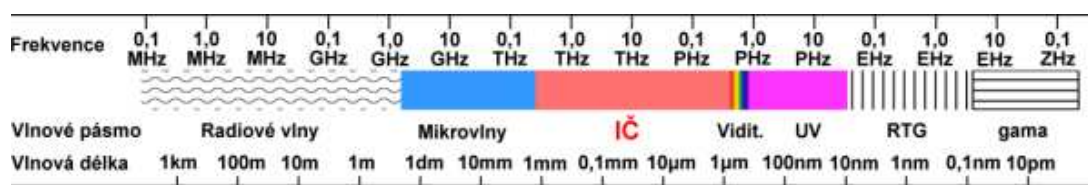


Rozdělení lze využít u zdrojů a detektorů infračerveného záření. V blízké infračervené oblasti se používají stejné prostředky jako pro viditelné záření. Ve střední infračervené oblasti se používají jen některé prostředky shodné pro viditelné záření. Ve vzdálené infračervené oblasti se používají jen tepelné prostředky.

Pro charakterizování infračerveného záření se používá mimo vlnové délky  $\lambda$  i veličina udávající počet vln na jeden metr.

$$\nu = \frac{1}{\lambda} \quad [m^{-1}] \quad (1.1)$$

Infračervené záření vzniká v důsledku probíhajících fyzikálních procesů uvnitř zdrojů tohoto záření. Jedná se o vibrační a rotační pohyby atomů a molekul, přechody elektronů mezi jednotlivými energetickými hladinami a kmitáním uzlů mřížky. Základním zdrojem infračerveného záření je zvýšená teplota zářiče.

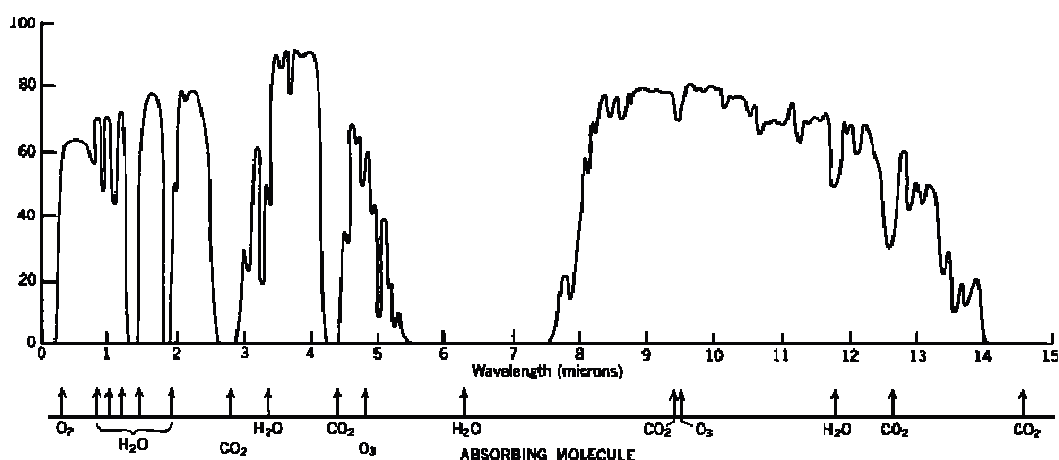


Obrázek 1: Rozdělení elektromagnetického spektra [5]

### 1.3. Šíření infračerveného záření v atmosféře

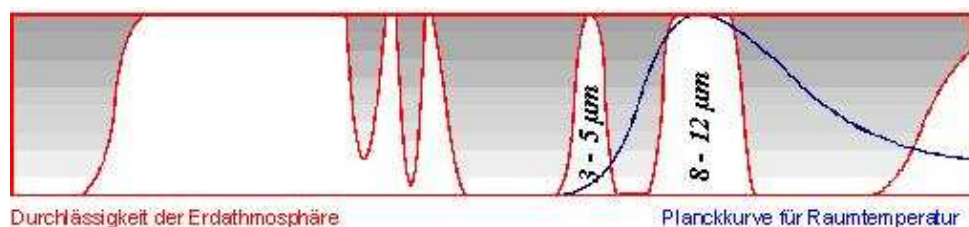
Pro všechny aplikace na Zemi je důležité znát chování infračerveného záření při průchodu reálným prostředím. V atmosféře jsou obsažena plynná, kapalná a pevná skupenství, která rozptylují nebo zeslabují procházející infračervené záření. Zeslabení je způsobeno pohlcováním záření a jeho přeměnou na jiné druhy energie (zejména na tepelnou energii). Rozptyl záření je změna směru šíření záření v důsledku pohlcení a následného vyzáření energie částicemi v prostředí. Atmosféra je tvořena ze 78 % dusíkem a z 20 % kyslíkem. Ve zbytku je převážně oxid uhličitý, hélium, metan, vodík, ozon, krypton a neon. Pro vlnové délky větší jak 2 μm je zanedbatelný rozptyl molekulami plynu. Částice kouře jsou vzhledem k vlnové délce infračerveného záření malé, proto má toto záření schopnost pronikat kouřem dále než viditelné záření. Z hlediska pohlcování infračerveného záření v atmosféře je asi nejdůležitější vodní pára. Vodní pára nejvíce pohlcuje záření při vlnových délkách 1,38 μm, 1,87 μm, 2,7 μm a 6,3 μm. Dále nejvíce infračervené záření zeslabuje oxid uhličitý

a ozon. Oxid uhličitý má silné absorpční účinky při vlnových délkách 2  $\mu\text{m}$ , 2,7  $\mu\text{m}$ , 4,3  $\mu\text{m}$  a 15  $\mu\text{m}$ . Ozon zeslabuje záření v oblasti mezi 9,3  $\mu\text{m}$  a 9,8  $\mu\text{m}$ . [2]



**Obrázek 2: Průchod záření ve vztahu k jeho vlnové délce. Spodní osa znázorňuje částice absorbující záření [11]**

Pro infračervenou techniku jsou důležitá tzv. optická okna, která se nachází v oblastech do 2,5  $\mu\text{m}$ , 3  $\mu\text{m}$  až 5  $\mu\text{m}$  a 8  $\mu\text{m}$  až 12  $\mu\text{m}$ . Z těchto oblastí je pro použití termovize v požární ochraně nejdůležitější oblast 8  $\mu\text{m}$  až 12  $\mu\text{m}$ .



**Obrázek 3: Atmosférická okna záření proložena Planckovou křivkou pro pokojovou teplotu [6]**

## 1.4. Zákony záření

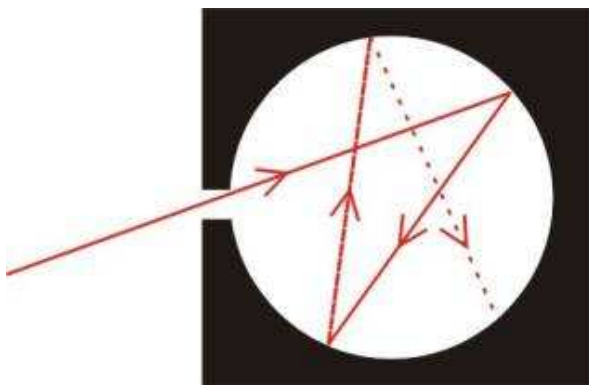
### 1.4.1. Absolutně černé těleso

Absolutně černé těleso je označení pro dokonalý zářič. Tento zářič pohlcuje veškeré záření, které na něj dopadá bez ohledu na vlnovou délku. Poté tuto energii vyzáří ve formě tepelného záření. Vysílá více tepelného záření než kterékoliv jiné těleso se stejnou teplotou a stejnými rozměry. Ve skutečnosti však absolutně černé těleso neexistuje a jedná se jen

o ideální model. Zdroje v laboratořích mají vzhledem k absolutně černému tělesu 98 % a nižší účinnost vyzařování.

Absolutně černé těleso je jediný teplotní zdroj, u kterého byly přesně matematicky formulovány zákony jeho záření. Znalost vlastností černého tělesa je důležitá pro hodnocení reálných teplotních zdrojů. Zdrojem teplotního záření je každé těleso, které má teplotu vyšší než 0 K. Vyzářená energie je úměrná absolutní teplotě těchto těles. Tepelnou energii, kterou každé těleso vyzáří, lze vyjádřit ve vztahu k energii vyzářené dokonalým zářičem o stejné teplotě. Každé těleso je zdrojem elektromagnetického vlnění, které vzniká v důsledku kmitání nabitých částic tvořících toto těleso. Tělesa o teplotě nižší než 500 až 560 °C vyzařují infračervené záření. S nárůstem teploty se zvyšuje i celkové množství energie vyzářené tělesem a záření se přesouvá do oblasti kratších vlnových délek.

V praxi si lze černé těleso představit jako dutou kostku nebo jiný vhodný tvar s malým otvorem v obvodu. Paprsek projde malým otvorem do dutiny a odráží se od vnitřního černého a matného povrchu. Během odrazů je paprsek pohlcován až je zcela pohlcen. Navenek se tak otvor jeví jako absolutně černé těleso, protože záření vstoupí dovnitř, ale už žádné otvorem nevystoupí.



**Obrázek 4: Schéma konstrukce černého tělesa [8]**

Emisivita tepelného zářiče se dá vyjádřit poměrem záření teplotního zářiče  $L(T)$  a záření černého tělesa  $L_0(T)$  při stejné teplotě.

$$\varepsilon(T) = \frac{L(T)}{L_0(T)} = \frac{\int_0^{\infty} \varepsilon(\lambda, T) \cdot L_{\lambda}(\lambda, T) d\lambda}{\int_0^{\infty} L_{0\lambda}(\lambda, T) d\lambda} \quad (1.2)$$

### 1.4.2. Planckův zákon

Max Planck vyjádřil závislost spektrální hustoty záření  $L_\lambda(\lambda, T)$  na teplotě a vlnové délce. Při odvozování zákona záření černého tělesa vyslovil předpoklad, že záření vzniká v důsledku tepelných pohybů hmotných částic. Dále předpokládal, že černé těleso nemůže vyzařovat nebo pohlcovat energii v libovolném množství. Výměna energie mezi tělesem a zářením se uskutečňuje po určitých množstvích tzv. kvantech energie  $\varepsilon$ . Tato kvanta jsou úměrná frekvenci  $\nu$  záření.

$$\varepsilon = h \cdot \nu \quad (1.3)$$

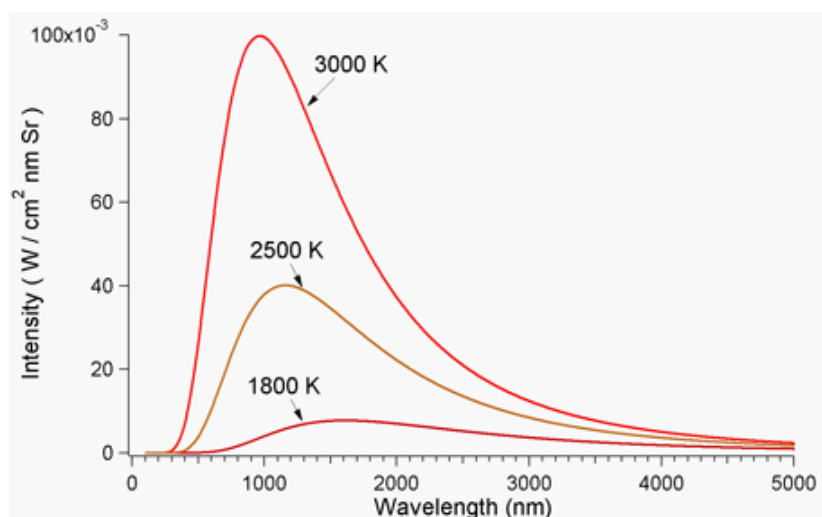
kde  $h = (6,625\,17 \pm 0,00023) \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}^{-1}$  je Planckova konstanta a  $\nu$  označuje frekvenci záření.

Z Planckova zákona lze dále odvodit spektrální hustotu vyzařování černého tělesa

$$M_\lambda(\lambda, T) = \pi \cdot L_\lambda(\lambda, T) = c_1 \cdot \lambda^{-5} (e^{\frac{c_2}{\lambda \cdot T}} - 1)^{-1} \quad (1.4)$$

kde  $c_1$  je první vyzařovací konstanta  $c_1 = 2 \cdot \pi \cdot h \cdot c^2 = (3,741\,50 \pm 0,000\,09) \cdot 10^{-16} \text{ [W} \cdot \text{m}^2]$ ,

$c_2$  je druhá vyzařovací konstanta  $c_2 = \frac{h \cdot c}{k} = (1,438\,80 \pm 0,000\,06) \cdot 10^{-2} \text{ [m} \cdot \text{K}]$ .



Obrázek 5: Průběh intenzity vyzařování v závislosti na vlnové délce [12]

### 1.4.3. Wienův zákon

Vyjadřuje zjednodušení Planckova zákona za splnění podmínky, že teplota  $T$  je nižší než 3000 °C.

$$e^{\frac{c_2}{\lambda T}} \gg 1 \quad (1.5)$$

Tímto se dopouští odchylky menší než 1 %. Pro oblast pyrometrie je většinou tento vztah dostačující.

$$M_\lambda = c_1 \cdot \lambda^{-5} e^{\frac{c_2}{\lambda T}} \quad (1.6)$$

### 1.4.4. Wienův zákon posuvu

Z tohoto Wienova zákona vyplývá, že se maximum spektrální hustoty intenzity vyzařování posouvá ke kratším vlnovým délkám s rostoucí teplotou. Vlnová délka vyzařování absolutně černého tělesa je tedy nepřímo úměrná jeho absolutní teplotě. Znalost tohoto zákona posuvu je důležitá pro volbu vhodného čidla podle rozsahu měřených teplot.

$$\lambda_m \cdot T = b \quad (1.7)$$

kde  $b$  je konstanta  $b = 2,89782 \cdot 10^{-3} \text{ [m.K]}$

### 1.4.5. Stefan-Boltzmannův zákon

Tento zákon popisuje závislost intenzity vyzařování a teploty. Lze jej získat například integrací spektrální hustoty záření  $L_\lambda(\lambda, T)$  v mezích od 0 do  $\infty$ . Intenzita vyzařování černého tělesa je úměrná čtvrté mocnině jeho absolutní hodnoty. Znalost tohoto zákona je důležitá pro spektrálně neselektivní pyrometry.

$$M(T) = \pi \cdot L(T) = \sigma \cdot T^4 \quad (1.8)$$

kde  $\sigma = (5,67051 \pm 0,00019) \cdot 10^{-8} \text{ [W.m}^{-2}\text{.K}^{-4}\text{]}$

### 1.4.6. Kirchhoffův zákon

Poměr intenzity vyzařování  $M$  tepelného zářiče a pohltivosti  $\alpha$  závisí pouze na termodynamické teplotě tělesa. Nezávisí na chemickém složení zářiče ani na jeho úpravě povrchu a oxidaci. Stejným vztahem lze vyjádřit i rovnici pro zář. Intenzita vyzařování a zář černého tělesa závisí jen na termodynamické teplotě.

$$\frac{M}{\alpha} = f(T) \quad (1.9)$$

pro černé těleso platí:

$$M = f(T) \quad (1.10)$$

Stejná závislost platí i pro spektrální hustoty veličin s rozdílem, že se bude jednat také o funkci vlnové délky.

$$\frac{M_{\lambda}}{\alpha_{\lambda}} = \frac{M_{0\lambda}}{\alpha_{0\lambda}} = M_{0\lambda} = f(\lambda, T) \quad (1.11)$$

Dále z Kirchoffova zákona vyplývá, že těleso nejsnadněji pohlcuje právě ty spektrální složky elektromagnetického vlnění, které nejsilněji vyzařuje a naopak. Pro černé těleso platí, že pohltivost a spektrální pohltivost jsou rovny 1.

$$\alpha = 1 \quad (1.12)$$

Dále platí:

$$\varepsilon = f(\lambda, T) \quad (1.13)$$

z čehož je možné odvodit další vztahy:

$$M = \varepsilon \cdot M_0 \quad (1.14)$$

V případě, že těleso bude nepropustné pro záření ( $\tau = 0$ ), dojde k tepelné rovnováze. Záření dopadající na těleso bude shodné s vyzařovaným zářením, emisivita se bude rovnat pohltivosti.

$$\varepsilon = \alpha \quad (1.15)$$

Šedé těleso je těleso, které má pohltivost menší než je pohltivost černého tělesa  $\alpha < \alpha_0$ . Zároveň je konstantní  $\alpha = \text{konst.}$  a nezávislá na vlnové délce. Ze zákona o zachování energie vyplývá:

$$\alpha + \tau + \rho = 1 \quad (1.16)$$

kde  $\rho$  je refluktece

Podrobnější informace k zákonům, kterými se řídí infračervené záření, jsou uvedeny v literatuře [2, 3, 13].

## 2. Detektory záření

### 2.1. Obecná charakteristika

Jako detektory záření se označují zařízení, která mají schopnost odhalit a popřípadě měřit vyzařovanou energii. Detektory pracují na základě působení fyzikálních dějů při pohlcování dopadajícího záření. Jejich citlivost k infračervenému záření umožňuje činnost i v podmínkách bez viditelného záření. Detekce infračerveného záření vyzařovaného předměty umožňuje převod této energie na elektrický signál a jeho následný převod na obraz. Vzniklý obraz znázorňuje rozdíly mezi energiemi, které vyzařují jednotlivé předměty. Důležitá vlastnost při vyhodnocování je přesnost oddělení elektrického signálu od pozadí, které vytváří šum. Poměr signálu a šumu udává přesnost přenosu informací od snímače záření. Z důvodu slabého signálu se většinou používá zesilovač. Úroveň šumu určuje prahovou citlivost, která je jedním z nejdůležitějších parametrů snímače.

Prahová citlivost  $\Phi_c$  je nejmenší hodnota rozlišitelná na pozadí šumu. Jednotkou je  $W \cdot Hz^{-1/2}$ . Intenzita šumu se vyjadřuje střední kvadratickou hodnotou napětí šumu.

$$P_s = \overline{U_s^2} \quad (2.1)$$

Prahová citlivost  $\Phi_c$  je udávána ve wattech.

Integrální citlivost  $K$  udává podíl elektrického napětí  $U$  na výstupu detektoru a zářivého toku  $\Phi$  dopadajícího na citlivou plochu detektoru. Z toho vyplývá, že čím je větší hodnota integrální citlivosti, tím menší může být zesilovač.

$$K = \frac{U}{\Phi} \quad [V \cdot W^{-1}] \quad (2.2)$$

Spektrální citlivost  $K_\lambda$  je dána závislostí citlivosti detektoru  $K$  na vlnové délce dopadajícího zářivého toku  $\Phi_\lambda$ .

$$K_\lambda = \frac{U}{\Phi_\lambda} \quad [V \cdot W^{-1}] \quad (2.3)$$

Spektrální citlivost je nejdůležitější charakteristikou, která popisuje detektor záření. V praxi je většinou používána jako relativní spektrální citlivost, která je poměrem integrální a spektrální citlivosti. Relativní spektrální citlivost se udává v procentech, a pokud je  $K_{\lambda \max} = 1$ , udává se v desetinných číslech.

$$S_{\lambda} = \frac{K_{\lambda}}{K_{\lambda \max}} \quad (2.4)$$

Časová konstanta  $\tau$  je charakteristikou setrvačnosti detektoru záření. Je vyjádřením nejkratší doby, za kterou je senzor schopen změřit teplotní změnu. Udává se v sekundách.

NEP (Noise Equivalent Power) je označení pro nejnižší intenzitu záření, kterou je detektor schopen detekovat. Udává zářivý tok, při kterém je hodnota výstupního signálu  $U$  rovna efektivní hodnotě spektrální hustotě šumového napětí.

$$NEP = \Phi \frac{\sqrt{u_s^2}}{U} \left[ W \cdot Hz^{\frac{1}{2}} \right] \quad (2.5)$$

kde  $\sqrt{u_s^2} = \sqrt{\frac{U_s^2}{\Delta f}}$  je spektrální hustota šumového napětí.

$\sqrt{U_s^2}$  je efektivní hodnota integrálního šumového napětí

$\Delta f$  je šířka frekvenčního pásma

Detektivita  $D$  neboli detekční schopnost je definována jako převrácená hodnota NEPu.

$$D = \frac{1}{NEP} \quad (2.6)$$

Normovaná (specifická) detektivita  $D^*$  není závislá na citlivé ploše  $S$  detektoru záření.

$$D^* = \frac{\sqrt{S}}{NEP} \left[ W^{-1} \cdot m \cdot Hz^{\frac{1}{2}} \right] \quad (2.7)$$

Se znalostí tepelného toku lze obecně stanovit poměr signálu a šumu  $S/N$ .

$$\frac{S}{N} = \frac{\Phi \cdot D^*}{\sqrt{S \cdot \Delta f}} \quad (2.8)$$



## **2.2. Dělení detektorů**

Detektory infračerveného záření lze dělit například na:

- Tepelné
  - Termoelektrické
  - Pyroelektrické
  - Bolometrické
- Kvantové
  - Intrinsické
  - Extrinsické
  - QWIP

### **2.2.1. Termoelektrické detektory**

Někdy se nazývají jako termoelektrické baterie. Jedná se o sériově řazené termoelektrické články. Mohou mít různou konstrukci. Buď jsou tvořeny tenkými kovovými pásky o šířce asi 0,03 mm nebo se jedná o pásky vytvořené technologií tenkých vrstev nebo technologií Si. Pro lepší absorpci záření je jejich spoj opatřen černí. Kvůli zvýšení citlivosti jsou vakuově zapouzdřeny. Podle množství dopadajícího záření na spoj se buď zvýší nebo sníží jeho teplota. Ve spoji těchto pásků z různých kovů vzniká po dopadu záření elektrické napětí. Termoelektrické detektory jsou tedy zdroji elektrického napětí. Nevýhodou detektoru tvořeného kovovými pásky je jeho poměrně malá rychlost reakce na změnu záření.

### **2.2.2. Pyroelektrické detektory**

Tyto detektory sledují pyroelektrický jev. Pyroelektrickým jevem se nazývá změna spontánní polarizace v materiálu vlivem změny teploty. Vhodným materiálem jsou pyroelektrika, která mají stálou polarizaci a některá feroelektrika, jejichž orientace je tvořena silným elektrickým polem. Dopadající záření začne tento materiál zahřívat, dojde tak ke změně teploty a ta způsobí vznik elektrického náboje spontánní polarizací. Tento detektor lze přirovnat ke kondenzátoru, kterému se při změně polarizace na elektrodách indukuje elektrický náboj. Pro jeho činnost je nutné modulovat dopadající záření clonou. Aby byla zaručena jeho správná funkce, bývají tyto detektory kompenzované druhým detektorem s opačnou polarizací.

### **2.2.3. Bolometrické detektory**

Detektor pracuje na principu pyrometrie. Dochází k pohlcování dopadajícího záření a k jeho oteplení. Oteplením odporového elementu dojde ke změně jeho elektrického odporu. Pro správnou činnost musí být bolometr dokonale izolován od okolí. Absorpční vrstvu bolometru, na kterou dopadá infračervené záření, tvoří zlatá fólie. Tato zlatá fólie pohlcuje až 95 % záření. Spolu s absorpční vrstvou je zahříván i tepelně vodivý povrch a nosník. Spodní strana nosníku je opatřena napařenými odporovými dráty. Změna teploty tak způsobuje jejich lineární změnu odporu. Jednoduché bolometry tvoří nejčastěji čtyři odpory. Tyto odpory jsou vzájemně propojeny do Wheatstonova můstku. Některé z nich mají kompenzační funkci pro odstranění vlivu změny okolní teploty. Výhodou bolometrů je jejich malá velikost, velká citlivost a rychlá časová odezva.

Bolometry se často používají také ve formě mikrobolometru. Jedná se o integrované obvody obsahující velké množství miniaturních bolometrů uspořádaných do matice. Na jednom detektoru je tak více plošek s teplotně citlivým odporovým materiálem. Jako odporového materiálu je nejčastěji v dnešní době použito oxidu vanadičitého a nitridu křemíku. Kvůli tepelné izolaci je ploška od podkladu oddělena vzduchovou mezerou, a přívodní kontakty tak mají i funkci podpěrných sloupků. Pod každou plošku je umístěn spínací tranzistor umožňující adresaci jednotlivých mikrobolometrů. Tím je umožněno postupné zjišťování změny velikosti odporu u každého z nich. Pro zpřesnění měření se některé mikrobolotické snímače umísťují na Peltierův element, který umožňuje udržení konstantní teploty v malém rozmezí.

### **2.2.4. Intrinsické detektory**

Tyto detektory jsou vyrobeny z čistého polovodiče bez dalších příměsí. Někdy jsou intrinsické detektory nazývány také jako fotorezistory. Principem detektoru je, že po dopadu fotonů na polovodičovou vrstvu dochází ke změně pohyblivosti nosičů nábojů. Detektor tak pracuje ve fotovodivostním módu, kde jeho vodivost je závislá na fotonovém toku a vyžaduje elektrické pole vytvořené přivedením vnějšího napětí. Toto elektrické pole způsobí přenos nosičů náboje a následně dojde k protékání proudu vnějším obvodem.

### 2.2.5. Extrinsické detektory

Tento princip detekce je založen na PN přechodu nevlastních polovodičů. Koncentrace příměsí v polovodiči určuje hustotu nosičů nábojů. Dotovaný polovodič typu N je polovodič, v němž má atom příměsí nadbytečný valenční elektron. Jako typ P se označuje polovodič, jehož atom příměsí váže elektron polovodiče a dotovaný polovodič má jako majoritní nosiče díry. Na spoji těchto dvou polovodičů vzniká PN přechod, kde se na obou stranách přechodu snaží nosiče náboje dosáhnout termodynamické rovnováhy a koncentrace děr a elektronů. Toto vyrovnaní je prováděno difúzí děr z P oblasti do N oblasti a elektronů z N oblasti do oblasti P. Vzniká tak elektrická dvojvrstva nábojů označovaná jako oblast prostorového náboje. Při absorpci záření dojde v této oblasti k rozdělení párů elektron-díra a díry se přesunují do P oblasti, zatímco elektrony se přesunují do N oblasti. Tímto přesunem vznikne napětí na fotodiodě. Fotodiody lze rozlišit na fotovodivostní a fotovoltanické.

### 2.2.6. QWIP

Tento detektor využívá pro svoji činnost kvantových jam. Tvoří jej až stovky tenkých vrstviček AlGaAs a GaAs. Tyto vrstvy mají tloušťku jen 10 až 700 atomů a jsou navrženy tak, aby působily jako kvantové jámy. Pro kvantové jámy platí zákony kvantové mechaniky. Zachycují elementární částice tak, že je z nich dokáže uvolnit jen specifická energie záření. Při dopadu této energie je elektron uvolněn a je zaznamenán čipem. Citlivost těchto detektorů je mnohem vyšší než u extrinsických detektorů, jelikož pohlcujícím prvkem je celá kvantová jáma nikoliv atom příměsí [16].

Problematika detektorů je podrobněji popsána v literatuře [2, 3, 4, 15].

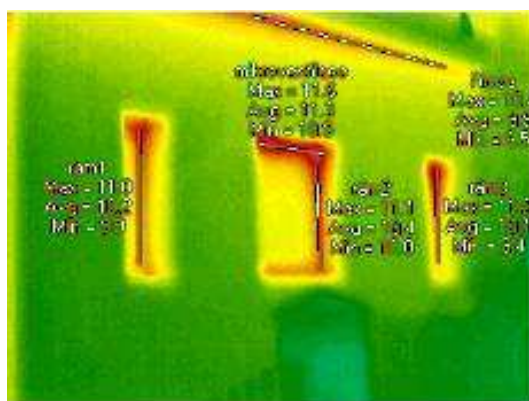
### 3. Použití termokamer

Termokamery nacházejí uplatnění v nejrůznějších oblastech lidské činnosti. Možnosti, které poskytují, lze využít například v následujících odvětvích [9]:

- Stavebnictví
- Průmysl
- Zdravotnictví
- Věda a výzkum
- Bezpečnostní složky

#### 3.1. Stavebnictví

Ve stavebnictví se termokamer využívá pro zjišťování tepelně-izolačních vlastností plášťů budov a míst, kde dochází k tepelným ztrátám. Pomáhá identifikovat tepelné mosty i případné praskliny a nesprávné provedení spár. Poskytuje informace o podlahovém topení a jeho případných poruchách s určením místa úniku teplonosné látky. Lze je použít k vyhledávání rizikových míst v kotelnách, u komínů atd. Termokamera umožňuje i sledování prostupu vlhkosti stěnou.

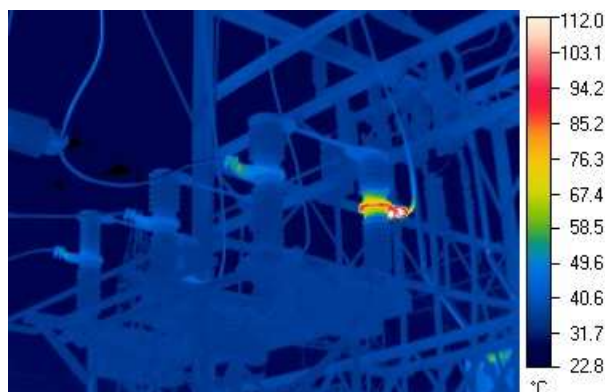


Obrázek 6: Měření tepelné bilance obytného domu [9]

#### 3.2. Průmysl

V průmyslu mají termokamery uplatnění v kontrole stavu zařízení a strojů. Poskytují informace o rozložení teplot na povrchu. Umožňují kontrolu zatížení transformátorů, izolátorů

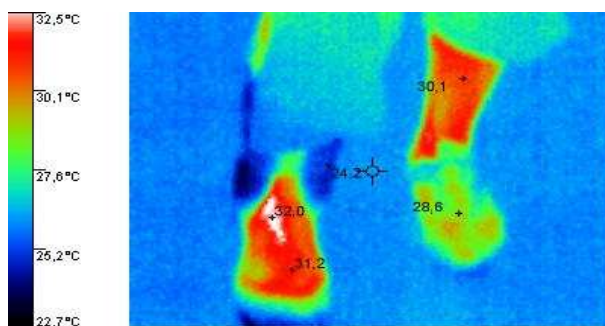
a kvalitu spojů. Zjišťují úniky tepla u kalících pecí, stav vyzdívek a izolací sklenářských pecí. Dávají informace o tepelném zatížení pohonů, strojů a zařízení, včetně stavu ložisek. Je to vhodný prostředek pro vyhledávání rizikových míst při výrobě a přenosu elektrické energie. Při pravidelných kontrolách mohou odhalit problémová místa v raném stádiu poruchy. Důležitou informací o správné funkci spoje pod napětím je zobrazení jeho teploty vzhledem k ostatním spojům.



**Obrázek 7: Kontrola stavu izolátorů [9]**

### **3.3. Zdravotnictví**

V lékařství se termokamery používají jako pomocná diagnostická metoda. Lze ji využít například v plastické chirurgii pro kontrolu hojení transplantátů. Jako diagnostickou metodu ji lze použít pro odhalení zánětů a poruch prokrvení. Kamery s dostatečnou citlivostí lze použít pro diagnostiku zhoubných nádorových onemocnění jako rakoviny prsu, štítné žlázy, kloubů atd. Výrazně vyšší nebo nižší teploty na snímku upozorňují na možný problém. Použití termokamery je však nutné kombinovat s jinými metodami diagnostiky, protože by mohlo docházet ke zvýšení počtu nesprávně pozitivních diagnóz.



**Obrázek 8: Zobrazení nártu po úrazu kotníku [10]**

## **4. Použití termokamer v požární ochraně**

### **4.1. Historie použití v požární ochraně**

Koncem sedmdesátých let se v Anglii začali zabývat technologiemi, které by pomohly hasičům v práci v zakouřeném prostředí. V té době byly již termokamery používány, ale jen v armádě. Tyto termokamery byly navrženy pro pevné umístění na vozidlech, letadlech a lodích. Používané detektory musely být pro optimální výkon náročně chlazeny. Proto byly velmi velké a velmi drahé. Řešením byla elektronka nazvaná "pyroelektrický vidikon" nebo Pevicon. Byla to technologie určená pro armádní účely, ale nikdy nedosáhla výkonu potřebného pro armádní systémy. Splňovala však dva základní předpoklady pro použití v požární praxi. Byla relativně levná a nevyžadovala chlazení. Začátkem osmdesátých let firma E2V přišla s technologií založenou na Peviconu. Přestože byla v Anglii úspěšně vyzkoušena u několika hasičských sborů, byla brána spíše jako novinka a nedošlo k jejímu rozšíření. Jednalo se o termokameru s označením P4428 (Obrázek 9). Průlom přišel se zapojením Anglie do Falklandského konfliktu. Hustý kouř šířící se z hořící lodě a problémy s uhašením požáru vedly k rozhodnutí vybavit britské královské loďstvo prvními termokamerami. Ihned se tato technika stala důležitou pro snižování škod způsobených požárem. Příkladu Anglie následovaly další evropské země a země britského společenství. Po incidentu na USS Stark, byla termokamerami na bázi Peviconu vybavena americká flotila. Po nasycení armádního trhu byla pozornost výrobců obrácena zpět na použití termokamer u hasičských sborů. Na rozdíl od armády měla tato civilní složka problémy s financováním nákupu této drahé technologie. S řešením v podobě levnější kamery přišla firma E2V. Její termokamera Argus dosahovala stejného výkonu jako technika určená pro armádu za 70 % ceny. V polovině devadesátých let došlo k dalšímu průlomu v podobě polovodičových detektorů. Tyto detektory ještě více snížily cenu, zlepšily zobrazovací schopnosti a umožnily využití dalších vlastností termokamer [31].



**Obrázek 9: Termokamera P4428 [30]**

V rámci České republiky zakoupil HZS města Prahy termokameru v roce 1990. Jednalo se o termokameru P4428. Stejný typ termokamery zakoupil HZS města Brna v roce 1992. Tato kamera je u HZS města Brna stále v užívání. HZS Moravskoslezského kraje si pořídil první termokameru Argus až v roce 1999.

#### **4.2. Dokumentace**

Podle Řádu chemické služby spadají termokamery do oblasti speciálních věcných prostředků pro detekci a měření. Pro tuto techniku se nevyžaduje vedení dokumentace jako Evidence použití, Ověření, Kalibrace a Provozní kontrola [18]. Ze strany Generálního ředitelství Hasičského záchranného sboru je možnost použití termokamer zmíněna v některých metodických listech Bojového řádu jednotek PO. Jedná se o metodický list Požáry garáží, Požáry s přítomností tlakových láhví s technickými stlačenými a zkapalněnými plyny, Požáry s přítomností tlakových láhví s acetylenem a Hašení požáru při silném zakouření [19]. Použití termokamery bývá většinou uvedeno ve Zprávě o zásahu. Některé stanice, na kterých není používání termokamer běžnou záležitostí, si vedou v Evidenční kartě datum a číslo události, při níž byla použita. Například HZS Plzeňského kraje na Územním odboru v Tachově použil v roce 2007 tuto techniku v 16 případech požárů, z nichž většinou byla použita pro vyhledávání skrytých ohnisek [17].

Pro školení obsluhy termokamery je zpravidla používán návod k obsluze. Dalšími školícími materiály mohou být například prezentace nebo ukázková videa použití, která k dané technice poskytne výrobce.

### **4.3. Možnosti použití termokamer v požární ochraně**

Termokamery mají v požární ochraně velmi široké uplatnění. Je možná je použít například pro následující činnosti:

- Orientace v nepřehledném prostředí
- Vyhledávání a záchrana osob
- Získání přehledu o situaci
- Zvládání požárů v přírodě
- Určování ohniska požáru a směru šíření
- Zjišťování stavu naplnění nádob
- Při zásazích s přítomností nebezpečné kapaliny
- Optimalizace hašení
- Hledání skrytých ohnisek
- Vyhledání místa pro odvětrávací otvor
- Výchvik

#### **4.3.1. Orientace v nepřehledném prostředí**

Termokamery poskytují výraznou výhodu při použití v podmínkách snížené viditelnosti. A to bez ohledu na to, zda jde o snížení viditelnosti vlivem přítomnosti zplodin hoření nebo o tmu. Hasič provádějící činnost bez termokamery v podmínkách snížené viditelnosti se v prostoru orientuje pouze pomocí fyzického kontaktu. Ostatní smysly jsou v tomto prostředí nepoužitelné. Nasazením termokamery je hasiči umožněno použití zraku. To mu umožňuje lepší orientaci, získání přehledu o rozmístění překážek a pomáhá rozpoznat možná riziková místa. Její použití tedy vede k bezpečnějšímu provedení činnosti. Nebezpečnými předměty mohou být například tlakové lahve s explozivním obsahem. Snižuje i faktor stresu, který může působit na zasahující hasiče z důvodu pohybu v nepřehledném prostředí. Použití termokamery zvyšuje bezpečnost při zásahu informováním o rozložení teplot v prostoru. Rozložení teplot napomáhá rozpoznat nebezpečí a informuje o podmínkách, při kterých může vzniknout „flash-over“ nebo „backdraft“.





**Obrázek 10: Hasiči v zakouřeném prostředí [7]**

#### **4.3.2. Vyhledávání a záchrana osob**

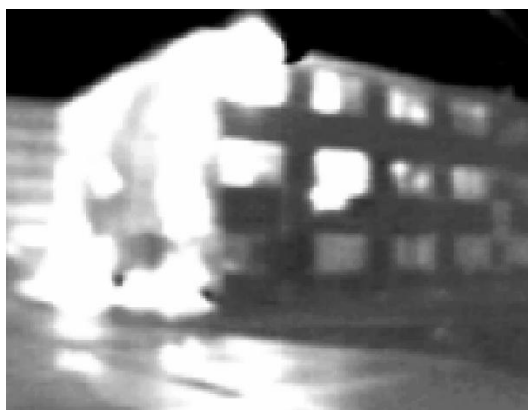
Mezi možnostmi použití termokamery zasahujícími hasiči má tato oblast největší význam. Využití termokamery při vyhledávání osob značně usnadňuje a urychluje jejich vyhledání. Při vyhledávání osob bez použití termokamery se zasahující hasič pohybuje po kolenou a pomocí nohou a rukou, případně dalšími prostředky jako bourací sekerou, se snaží o fyzický kontakt s hledanou osobou. Časový faktor je při záchraně osob rozhodující. Termokamera napomáhá při kontrole hůře dostupných míst. Takovými místy jsou například prostory pod postelí, což jsou místa, kde mohou být ukryty osoby, obzvláště děti (Obrázek 11). V rámci výcviku vyhledávání osob v nepřehledném prostředí, bylo prokázáno, že za pomoci termokamery lze snížit dobu vyhledání osob na polovinu oproti vyhledávání bez jejího použití [25]. Kromě vyhledávání osob v zakouřeném prostředí je možné použít termokameru pro asistenci Policii České republiky při zajišťování důkazních materiálů. Termokamery bylo využito i při nočním pátrání po volně pobíhajícím dobytku. Velmi specifickou možností použití termokamery je využití při vyhledávání amputovaných částí lidského těla. Rychlé nalezení takových částí jako například části prstů amputované stroji zvyšuje pravděpodobnost úspěšného chirurgického zákroku.



**Obrázek 11: Dítě ukryté pod postelí [7]**

#### **4.3.3. Získání přehledu o situaci**

Použití termokamery umožňuje získání přehledu o situaci před započítím záchranných a hasebních prací a během jejich průběhu. Poskytuje prvotní informaci o rozsahu události a o poloze míst, kde dochází k požáru. Tato skutečnost umožňuje efektivněji rozhodnout o následném postupu. Umožňuje přesnější a účinnější nasazení hasičů a techniky. Zároveň zvyšuje jejich bezpečnost při činnosti. Termokamery umožňují i získat přehled o skutečném počtu osob ve vozidle. Pokud na sedadle před havárií seděla osoba, je na něm zanechána tepelná stopa, kterou lze termokamerou rozpoznat. Na Obrázku 12 je pohled na hořící panelový dům, bílá místa zobrazují místa s nejintenzivnějším hořením.



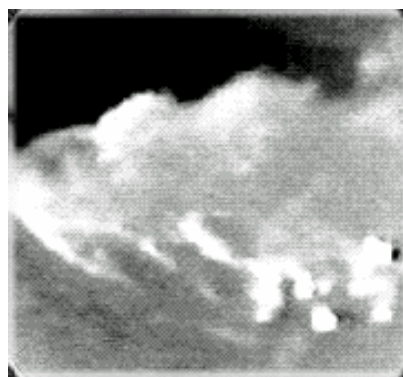
**Obrázek 12: Hořící panelový dům [6]**

#### 4.3.4. Zvládání požárů v přírodě

Požáry v přírodě jsou charakteristické velkým zakouřením na rozsáhlé ploše. Na této ploše je pak obtížné nalézt jednotlivá ohniska (Obrázek 13). Termokamera umožňuje i přes hustý kouř tato ohniska identifikovat a napomáhá tak provedení účinného hasebního zásahu a efektivnějšímu nasazení sil a prostředků. Na Obrázku 14 světlá místa označují ohniska požáru, která nejsou bez použití termokamery viditelná. Dále pomáhá odhalit skrytá ohniska podzemních požárů, a zabránit tak opětovnému rozhoření požáru.



**Obrázek 13: Nepřehledný požár na volném prostranství [6]**



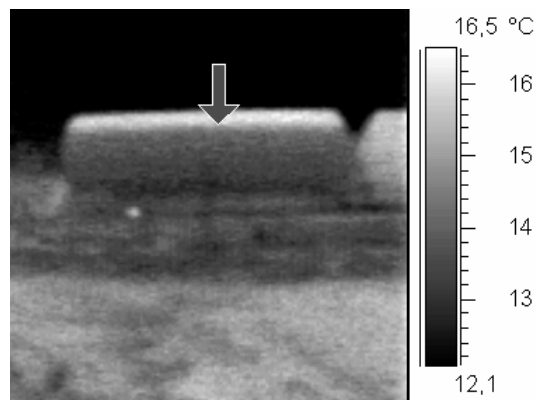
**Obrázek 14: Požár na volném prostranství zobrazený termokamerou [6]**

#### 4.3.5. Zjišťování stavu naplnění nádob

Pomocí termokamery lze zjistit množství látky v nádobách nebo zásobnících. Díky své citlivosti na malé teplotní rozdíly dokáže stanovit hladinu látky v nádobě. Zjišťování lze provést u malých nádob, zásobníků nebo i cisteren. Tuto schopnost lze použít například u zásahu havarované automobilové cisterny převážející nebezpečnou látku. Termokamerou je možné určit místo pro vytvoření otvoru potřebného k přečerpání obsahu cisterny. Dalším využitím může být stanovení nebezpečí při požáru zásobníku nebo cisteren. Toto stanovení je možné provádět z bezpečné vzdálenosti a nedochází k vystavení zasahujících hasičů možnému nebezpečí. Na Obrázku 15 je hladina kapaliny v nádobě zvýrazněna pomocí barevného zobrazení. Na Obrázku 16 je šipkou označena hladina téměř plného zásobníku a po pravé straně snímku je vidět prázdný zásobník.



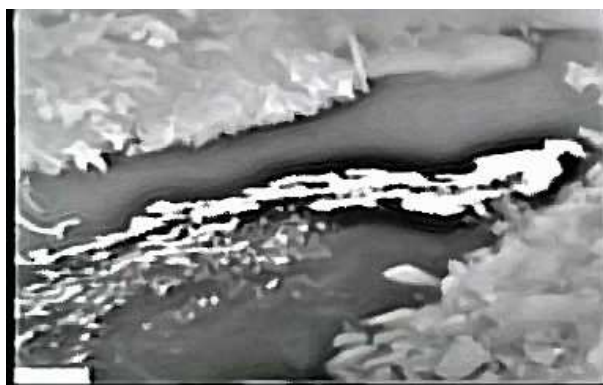
**Obrázek 15: Hladina kapaliny v nádobě [7]**



**Obrázek 16: Úroveň naplnění zásobníků [6]**

#### **4.3.6. Použití při zásazích s přítomností nebezpečné látky**

Velké citlivosti termokamer na teplotní rozdíly je využíváno k odhalení přítomnosti nebezpečných látek. Je možné sledovat pohyb některých nebezpečných látek na povrchu nebo na hladině vodního toku. Toto její „zviditelnění“ umožňuje její efektivnější zachycení a odstranění. Uspadňuje lokalizaci místa, kde dochází k úniku látky. Bílá oblast na Obrázku 17 je olejovitá kapalina pohybující se po hladině vodního toku.



**Obrázek 17: Nebezpečná látka na vodní hladině [7]**

#### **4.3.7. Vyhledání místa pro odvětrávací otvor**

Použití termokamery umožňuje nalezení místa na obvodovém plášti, kde dochází k akumulaci tepla. Tím lze dosáhnout účinnějšího odvětrání prostoru odvedením kouře a tepla. Odvětráním je možné vytvořit lepší pracovní podmínky na místě zásahu. Sníží se teplota uvnitř prostoru a dojde ke snížení tepelného namáhání předmětů v prostoru, což má za následek zmenšení rizika vzniku „backdraftu“ nebo „flash-overu“.

#### **4.3.8. Určování ohniska požáru a směru šíření**

Za pomoci termokamery je možné v zakouřeném prostředí vyhledat ohnisko požáru. Zjištěním polohy ohniska požáru a směru šíření požáru lze docílit efektivnějšího použití hasební látky a provést rychlejší uhašení požáru. To vede ke snižování spotřeby hasební látky a ke snižování tzv. druhotných škod. Druhotné škody jsou škody způsobené samotným vedením zásahu. Příkladem druhotných škod je podmáčení stavebních konstrukcí hasební látkou. Lepší kulturou hašení se sníží množství hasiva, které bez užitku odečte z místa požáru. Další problematickou situací z hlediska určování ohniska může být nahromaděný komunální odpad. Při jeho hoření vzniká hustý kouř a bez použití termokamery je velmi obtížné najít ohnisko požáru a účinně provést zásah.

#### **4.3.9. Hledání skrytých ohnisek**

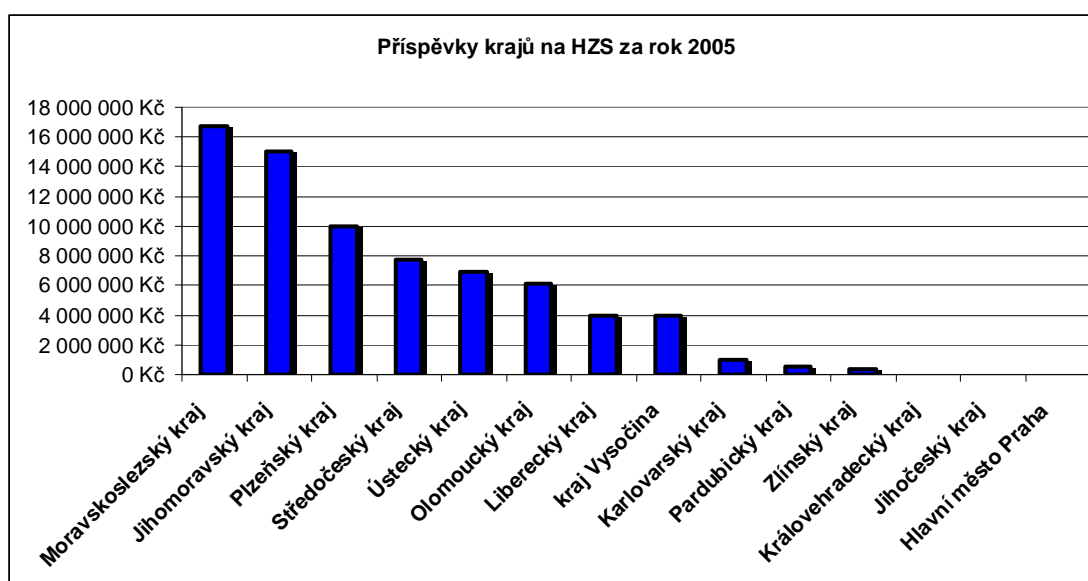
Jedná se o vyhledávání skrytých požárů šířících se uvnitř konstrukcí. Tyto skryté požáry nelze jiným způsobem zjistit, a to až do chvíle kdy se projeví jako druhotné požáry. Příkladem mohou být skrytá ohniska u sendvičových konstrukcí. Termokamera pomáhá také odhalit skryté požáry elektroinstalace vedené ve zdech. Další skryté cesty šíření požárů mohou být například podhledy, podlahy a obložení. U sil a sýpek umožňují termokamery určit výškovou úroveň, na které probíhá hoření. Po uhašení požáru lze pomocí termokamery provést kontrolu požářiště. Kontrolují se doutnající materiály a po nalezení horkých míst je možné provést rychlé a efektivní opatření pro zamezení opětovného rozhoření. Tento postup vede k minimalizaci škod na majetku. Použití termokamery může odhalit, že doutnající konstrukce jsou oslabeny požárem a hrozí jejich případné zhroucení. Takové varování zvyšuje bezpečnost zasahujících hasičů.

#### **4.3.10. Výcvik**

V rámci výcviku může termokamera pomoci pochopit chování požáru a účinky hašení. Umožňuje odhalit chyby při pohybu v nepřehledném prostoru bez termokamery. Zaznamenání pohybu hasičů v prostoru a jeho následná analýza může vést k odhalení a odstranění chyb, které by při skutečném zásahu mohly ohrozit hasiče. Použití termokamery během výcviku tak může zvýšit bezpečnost hasiče během zásahu.

## 5. Vybavenost HZS krajů termokamerami

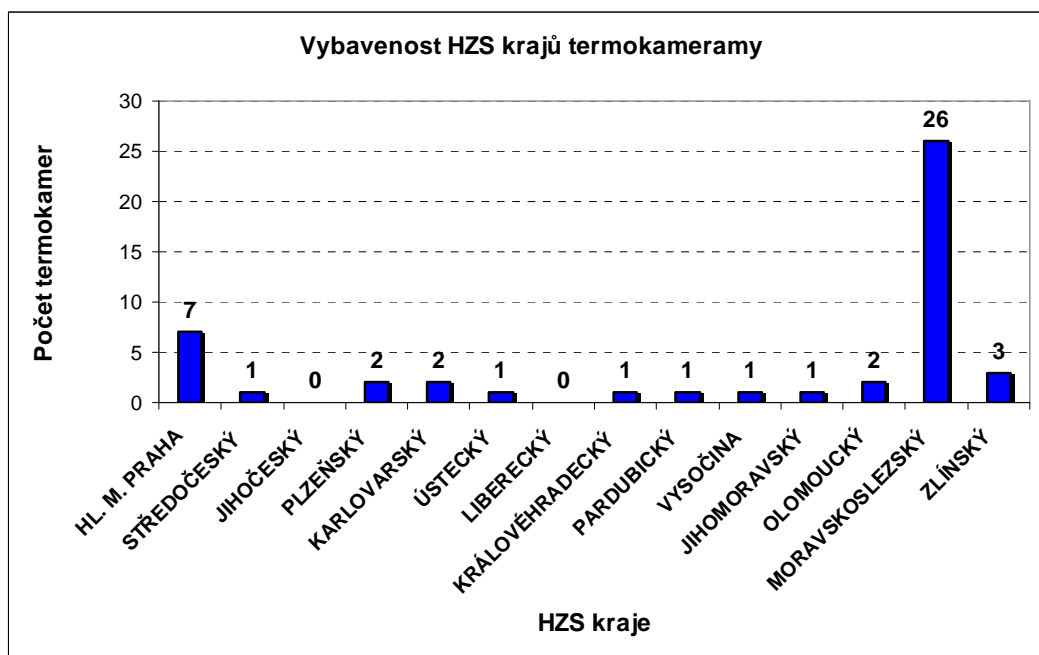
Vybavenost jednotlivých krajů v České republice je záležitostí pouze daného kraje. GŘ HZS ČR se touto problematikou blíže nezabývá a není tak nařízeno, aby HZS kraje byly touto technikou vybaveny. Počet termokamer v daném kraji závisí na finančních možnostech HZS kraje a jeho prioritami ohledně vybavování technickými prostředky. Na Obrázku 18 jsou znázorněny výše příspěvků, které poskytly jednotlivé kraje HZS v roce 2005. Je z něj patrný rozdíl mezi prioritami jednotlivých krajů.



Obrázek 18: Příspěvky krajů HZS [32]

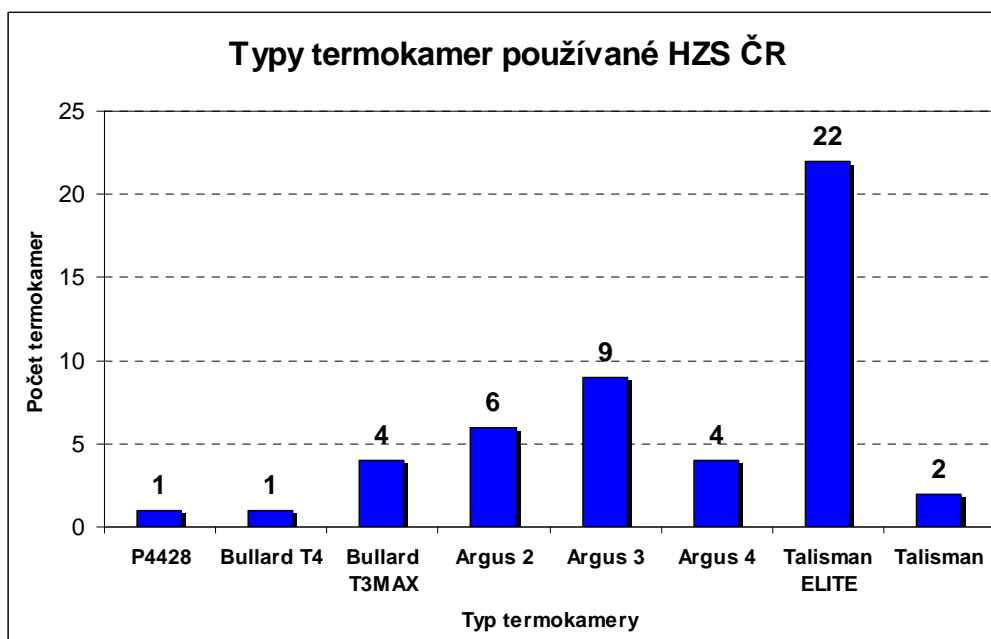
Na Obrázku 19 je znázorněno porovnání vybavenosti jednotlivých HZS krajů termokamerami. Zatímco HZS Moravskoslezského kraje je na první příčce v počtu termokamer, nacházejí se v ČR kraje, které touto technikou vůbec nedisponují. Některé HZS kraje ve spolupráci s Krajským úřadem řeší nedostatek financí k zakoupení techniky tak, že Krajský úřad zakoupí termokameru a ta je následně na základě darovací smlouvy převedena na HZS kraje. Od vybavenosti se dále odvíjí umístění této techniky na stanicích respektive na vozidlech. Většinou jsou termokamery umísťovány na první výjezdové vozy. Některé stanice zvolily umístění termokamery na vozidle velitele čety, popřípadě na protiplynovém automobilu. Další možností je umístění termokamery stabilně u výjezdové tiskárny, kde se tiskne Příkaz k výjezdu. Zde si spolu s Příkazem k výjezdu může termokameru vyzvednout kterýkoliv velitel vozidla. Pokud je použití termokamery vyžadováno v jiném hasební

obvodu než je termokamera umístěna, bývá po vyžádání termokamera spolu s patřičnou obsluhou odeslána na dané místo vozidlem s právem přednosti v jízdě.



**Obrázek 19: Vybavenost jednotlivých HZS krajů termokamerami.**

Na Obrázku 20 jsou znázorněny typy termokamer, které se používají u zásahů HZS. Termokamera s typovým označením P4428, kterou používá HZS města Brna, byla zakoupena již v roce 1992 a je stále v užívání.



**Obrázek 20: Typy a počet termokamer používaných u HZS ČR**

## 6. Vybavenost HZS Moravskoslezského kraje termokamerami

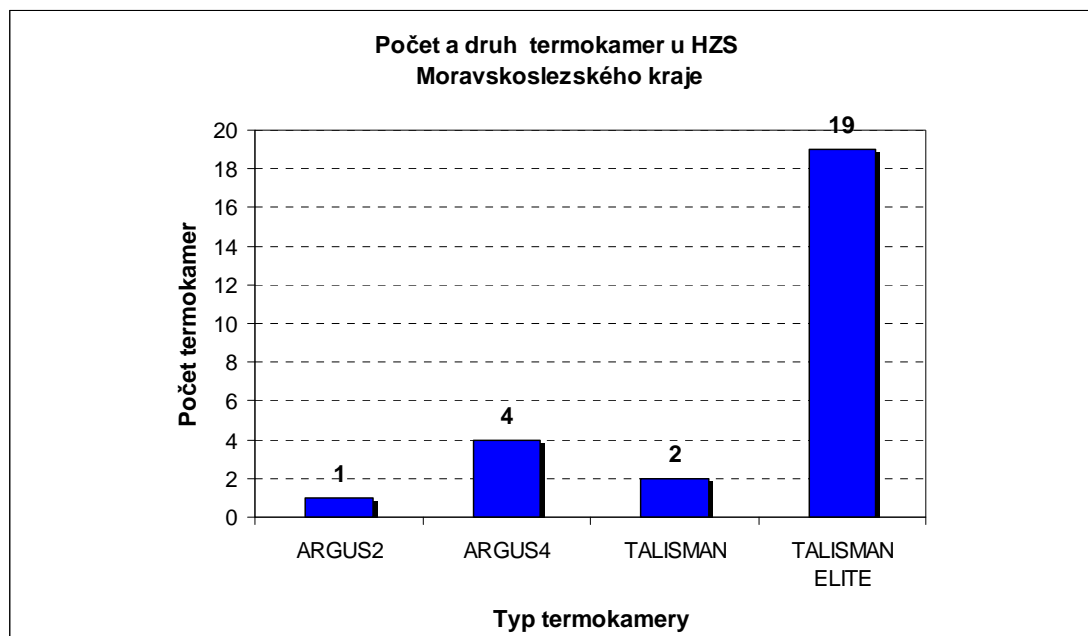
Vybavenost HZS Moravskoslezského kraje je oproti vybavenosti ostatních HZS jednotlivých krajů na vynikající úrovni. V Tabulce 1 jsou uvedeny stanice HZS vybavené termokamerou, druhy kamer a počet termokamer umístěných na daných stanicích. Vybavenost v rámci města Ostravy umožňuje situace, kdy mají hasiči u zásahu k dispozici až tři termokamery. Je tak umožněna záloha techniky pro případ, že by došlo k jejímu selhání. Při pohledu na vybavenost na území města Ostravy si lze všimnout umístění termokamery Talisman u SDH Radvanice. SDH Radvanice je tak jediný SDH v České republice, který má ve vybavení termokameru.

**Tabulka 1: Rozmístění termokamer v Moravskoslezském kraji**

Typ termokamery	Argus 2	Argus 4	Talisman ELITE	Talisman
Umístění				
ÚO Bruntál			1	
Krnov			1	
ÚO Frýdek-Místek			1	
Třinec			1	
ÚO Karviná		1	1	
Havířov			1	
Orlová		1		
ÚO Nový Jičín		1		
Bílovec			1	
ÚO Opava		1		
Hlučín	1			
Vítkov			1	
Město Ostrava				
HS 1 Zábřeh			4	1
HS 2 Fifejdy			3	
HS 3 Poruba			2	
HS 4 Hrabůvka			1	
HS 5 Slezská Ostrava			1	
SDH Radvanice				1



Na Obrázku 21 jsou znázorněny typy a počet termokamer používaných v Moravskoslezském kraji. Většina z této techniky byla zakoupena v letech 2006 a 2007. Největší zastoupení ve vybavenosti zaujímá Talisman ELITE. Termokamera Talisman lokalizovaná na stanici Zábřeh je umístěna ve skladu Chemické služby.



**Obrázek 21: Druhy a počet termokamer v Moravskoslezském kraji**

## 7. Riziková místa při použití termokamer

V průběhu nasazení termokamer u zásahů se mohou vyskytnout určité problematické situace. K těmto situacím může docházet z důvodu technických možností termokamer nebo lidského faktoru.

Termokamera je technika, která je konstruovaná s důrazem na odolnost a bezporuchovost. Přesto může dojít k jejímu selhání. V případě, že by se hasiči pohybovali v nepřehledném silně zakouřeném prostoru bez orientačních bodů a došlo k poruše termokamery, nastala by okamžitá ztráta orientace. Tím by došlo k ohrožení bezpečnosti zasahujících hasičů. Z tohoto důvodu je doporučeno postupovat při práci s termokamerou s ohledem na možnost selhání a dodržovat postupy pohybu v nepřehledných podmínkách.

Může také dojít ke zhoršenému zobrazování termokamery a tím ke snížení možnosti jejího použití. U některých termokamer může nastat tzv. přetížení termokamery. To je stav, kdy termokamera přijme příliš mnoho záření a dojde tak k přerušení zobrazování. Z tohoto stavu by měla termokamera po automatickém překalibrování během krátké doby přejít zpět do normálního provozu. Další příčinou zhoršení zobrazování může být používání termokamery v prostoru s vysokou teplotou nebo přílišným přiblížením ke zdroji tepla. Tím dojde k zvýšení vnitřní teploty v termokameře a k jejímu nepřesnému zobrazování. Po přemístění mimo oblast vysoké teploty by měla opět plně fungovat. U větších požárů v uzavřeném prostoru může vzniknout v horní oblasti vrstva horkých plynů. Při použití termokamery v této vrstvě bude výsledný snímek bez výrazných obrazů. Pokud nasměrujeme kameru pod tuto vrstvu, vznikne obraz jasný jako před vstupem do horké vrstvy.

Jedním z dalších faktorů ovlivňujících účinnost použití termokamery je samotná obsluha. Pokud hasič obsluhující termokameru nemá potřebné zkušenosti, může na displeji přehlédnout zásadní informace. Například siluetu osoby nebo obrys tlakové nádoby. Částečně může možnost této chyby snížit použití termokamery, která má schopnost barevného zvýraznění určitých teplot. Tato funkce usnadňuje hasiči orientaci v zobrazovaném snímku. Schopnost hasiče správně a rychle vyhodnotit termální obraz vytvořený termokamerou se zvyšuje výcvikem použití termokamery. Z tohoto důvodu jsou organizována tématická cvičení vyhledávání osob a vyhledávání ohnisek požárů. Při těchto cvičeních si hasiči

vyzkouší použití termokamery v podmínkách blízkých podmínkám panujícím při zásahu. Získané zkušenosti snižují možnost nedostatečného nebo nepřesného vyhodnocení obrazu při skutečném zásahu.

Některé materiály nepropouští, blokují nebo odráží infračervené záření. Infračervené záření nepropouští například sklo. Z tohoto důvodu nelze použít termokameru při pohledu přes zasklené okno. Pokud však za oknem probíhá hoření, stává se sklo zdrojem infračerveného záření a může se na termosnímku vzhledem k okolí jevit jako teplejší plocha. Voda respektive vodní proud blokuje průchod infračerveného záření a na termosnímku se tak jeví jako tmavý. Roztříštěný proud a vodní pára propouští infračervené záření v závislosti na hustotě. Lesklé nebo lakované povrchy infračervené záření odráží. Například při pohledu termokamerou do zrcadla nebo na lesklý kovový povrch, spatří hasič na termosnímku svoji vlastní siluetu. To může v krajních případech vést k falešné domněnce, že se jedná o hledanou osobu. Tyto chyby je možné odstranit výcvikem se zaměřením na práci s termokamerou.

Dalším problémovým místem může být dálkový přenos obrazu mezi termokamerou a mobilním přijímačem s displejem. Vlivem prostředí, ve kterém se termokamera používá, může docházet ke zhoršení kvality přenášeného signálu a tím i obrazu. Největší vliv na zeslabení signálu mají železobetonové konstrukce. Použití bezdrátového přenosu v takovýchto budovách je tak omezena na krátkou vzdálenost zejména při zásazích v uzavřených suterénech. Dalším příkladem problémového místa při přenosu signálu může být tunel v silniční dopravě. Někdy je nutné pro pokrytí všech míst signálem umístit přijímací anténu do poloviny délky tunelu.

## 8. Porovnání používané techniky s technikou nabízenou výrobcí

Termokamery používané HZS Moravskoslezského kraje jsou z převážné většiny poslední modely, které jsou v současné době výrobcí nabízeny. Na českém trhu je nabízena technika od firem E2V, Dräger a Bullard. Termokamery nabízené firmou Bullard nejsou zastoupeny ve vybavení HZS Moravskoslezského kraje. Z tohoto důvodu bylo zvoleno srovnání právě této techniky s technikou, která je ve výbavě HZS. Porovnávány jsou vlastnosti termokamer s označením E2V Argus 4, Dräger Talisman ELITE a Bullard T4.

V Příloze 4 (Tabulka 9 a Obrázky 39 – 41) jsou uvedeny charakteristiky jednotlivých druhů termokamer a jejich design. Jedná se o ručně držené termokamery. Každý z typů této techniky poskytuje jiné výhody při užívání. Nejvýraznějším rozdílem mezi jednotlivými typy jsou jejich zobrazovací možnosti. Největší možnosti zobrazení nabízí typ Argus 4. Tento typ umožňuje výběr ze třinácti různých možností zobrazení (Příloha 2 Obrázky 22 – 34). Možnosti zobrazení termokamery Bullard T4 jsou uvedeny v Příloze 3 (Obrázky 35 – 38). Termokamera Bullard T4 zobrazuje termosnímek na 4,3“ displeji ve formátu 16 : 9 oproti 3,5“ displeji u ostatních typů. Talisman ELITE umožňuje používání termokamery až 5 hodin oproti 4 hodinám u Argus 4 a 3 hodinám u Bullard T4. Velký rozdíl je i u vybavení termokamery, které je nabízeno u základního typu. V tomto směru poskytuje největší možnosti Argus 4, kdy má v základním vybavení zahrnut například dvojnásobný zoom a paměť na 100 snímků.

Příklady nejnovější techniky jsou uvedeny v Příloze 6 (Obrázky 43 – 47 a Tabulky 10 – 14). Každý z výrobců přináší své vlastní zpracování designu se zaměřením na co nejmenší omezení hasiče při používání. Filosofie výrobců se tak rozděluje na dvě základní sekce.

První skupina výrobců se zaměřila na možnost vytvořit termokameru tak, aby hasiči zůstaly obě ruce volné pro činnost. V této oblasti je významná firma GB SOLO. Ta nabízí integrovanou helmu SOLOtic. V helmě je integrována termokamera, komunikační zařízení a dýchací maska. Dalším produktem této firmy je SOLOvision S2. Tato termokamera je připevněna kolem hlavy pásem. Další variantou termokamery je Total Fire Warrior. Jedná se

o kameru přichycenou na helmě pomocí držáku a displej je umístěn na rameni před oko hasiče.

Druhá skupina se orientuje na kamery držené v ruce se zaměřením na odolnost a zobrazení. Rozlišit se dají například podle konstrukce. Od klasických pro držení na boku nebo pistolovou rukojetí, po specifický tvar oblouku umožňující opřít se o termokameru při pohybu po kolenou. V současné době umožňují ručně držené kamery větší možnosti barevného rozlišení rozložení teplot v prostoru. Příklad konstrukce termokamery je uveden v Příloze 5 (Obrázek 42).

## 9. Doporučení pro případný nákup nové techniky do výbavy jednotek PO

Vybavenost HZS Moravskoslezského kraje je na vysoké úrovni vzhledem k vybavenosti celé České republiky. Přesto lze doporučit nákup a rozmístění techniky tak, aby byla každá stanice HZS v Moravskoslezském kraji vybavena termokamerou. Jedná se tedy o nákup termokamer pro stanice Rýmařov, Bohumín a Český Těšín.

Pro doporučení nákupu určitého typu termokamery byla zpracována multikriteriální analýza tzv. modifikovanou metodou rozhodovací matice (FDMM – Forced Decision Matrix Method). Při této metodě se váhy jednotlivých kritérií a hodnocení, jak varianty splňují jednotlivá kritéria, určují tzv. párovým porovnáváním (Příloha 1 Tabulka 3). Porovnávají se tak dvě kritéria a důležitější z nich je hodnoceno „1“, kritérium méně významné hodnotou „0“. Obdobně se hodnotí, jak dvě varianty splňují kritéria. Varianta, která vyhovuje více, je ohodnocena „1“ a horší varianta je hodnocena „0“.

Kritéria a jejich váhy byly zvoleny tak, aby práce s termokamerou poskytovala zasahujícímu hasiči co největší možný komfort.

- **1. Kritérium Displej** (Příloha 1 Tabulka 5) je zvoleno proto, že velikost displeje usnadňuje hasiči vnímání detailů na termosnímku. Větší displej dovoluje větší vzdálenost mezi displejem a okem hasiče. Dále větší displej umožňuje pohodlnější pozorování termosnímku situace více lidmi. Tím je zjednodušeno předání informace o situaci i členu průzkumné skupiny, který není termokamerou vybaven.
- **2. Kritérium Hmotnost** (Příloha 1 Tabulka 6) bylo zvoleno z důvodu fyzického zatížení hasiče během činnosti. Kamera o větší hmotnosti více zatěžuje ruce, a zvyšuje tak fyzickou námahu, která je způsobena držet termokamery v úrovni očí. Vyšší hmotnost kamery také znesnadňuje manipulaci s termokamerou.
- **3. Kritérium Možnost zobrazení** (Příloha 1 Tabulka 4) bylo zvoleno jako kritérium s největší vahou. Barevné zobrazení rozložení teplot v prostoru umožňuje hasiči rychlé

zhodnocení situace a upozorní jej na nebezpečná místa s vysokou teplotou. Dále mohou být díky charakteristické teplotě zvýrazněny hledané osoby v prostoru.

- **4. Kritérium Doba použití** (Příloha 1 Tabulka 7) vyjadřuje dobu, jak dlouho lze termokameru během zásahu používat. Délka doby možného použití ovlivňuje nutnost výměny baterie během zásahu. Provést výměnu baterie může být během některých zásahů problematické. Čím je výdrž baterie delší, tím se snižuje pravděpodobnost, že bude muset být tato výměna provedena.
- **5. Kritérium Cena** (Příloha 1 Tabulka 8) je při této multikriteriální analýze bráno spíše jako doplňující kritérium. Vzhledem k finančním možnostem HZS Moravskoslezského kraje byl kladen důraz na usnadnění práce s termokamerou. Cena tak v podstatě výsledek analýzy neovlivnila.

K porovnání byly vybrány termokamery od tří různých výrobců a jednalo se převážně o poslední modely na srovnatelné technické úrovni. Porovnávalo bylo jejich standardní provedení. V Tabulce 2 jsou uvedena jednotlivá kritéria, jejich váha a hodnocení jednotlivých typů termokamer, jak tato kritéria splňují. Výsledkem takto provedené analýzy je pořadí termokamer. Termokamery jsou v pořadí řazeny sestupně od nejvhodnější po nejméně vhodnou. Výsledné pořadí je Argus 4, Bullard T4 a Talisman ELITE.

**Tabulka 2: Multikriteriální analýza**

Kritérium	Váha	Hodnocení typu termokamery		
		Bullard T4	Talisman ELITE	Argus 4
1. Displej	0,2	1	0	0
2. Hmotnost	0,3	0	0,667	0,333
3. Možnost zobrazení	0,4	0,333	0	0,667
4. Doba použití	0,1	0	0,667	0,333
5. Cena	0	0	0,333	0,667
Vážený součet		0,33333	0,26667	0,40000
Pořadí		<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>

## Závěr

Ve vybavení bytů a domů jsou stále více zastoupeny plasty. Při požáru tyto materiály produkují hustý černý kouř, který podstatně ztěžuje činnost zasahujících hasičů. Snížená viditelnost zpomaluje pohyb hasičů v tomto prostředí, a zvyšuje tak čas potřebný pro provedení činnosti. Zvláště při záchraně osob nacházejících se v tomto prostředí hraje čas nejdůležitější roli. Podmínky na místě zásahu je možné zlepšit odváděním kouře pomocí větracích otvorů a přetlakové ventilace, ale tato možnost není vždy dostupná (například suterény a sklepy). V takovýchto případech je termokamera takřka nepostradatelná. Použití termokamer vede k efektivnějšímu nasazení sil a prostředků a výrazně ovlivňuje úspěšné a rychlé provedení zásahu. Termokamery bez ohledu na způsob použití také zvyšují bezpečnost hasičů a zároveň snižují rozsah škod. Výhody poskytované termokamerami vedou k jejich stále častějšímu používání a zařazování to vybavení jednotek požární ochrany.

Cílem bakalářské práce bylo vytvořit přehled o vybavenosti jednotek požární ochrany termokamerami, vytvoření návrhu a doporučení pro nákup nové techniky.

Z porovnání vybavenosti HZS Moravskoslezského kraje a ostatních krajů České republiky zřetelně vyplývá, že vybavenost tohoto kraje termokamerami je na velmi vysoké úrovni. Pro úplné pokrytí území kraje byl doporučen nákup termokamer pro stanice Rýmařov, Bohumín a Český Těšín. Pro doporučení k případnému nákupu byla provedena multikriteriální analýza. Tato multikriteriální analýza byla zaměřena tak, aby vybraná termokamera poskytovala hasiči, který ji používá, maximální komfort. Důraz byl kladen na možnosti zobrazení, které dané termokamery poskytují. Na základě výsledků analýzy je doporučen další nákup termokamer Argus 4. Dále byl doporučen přesun termokamer tak, aby byly sjednoceny typy v rámci územních odborů. Porovnáním techniky používané v Moravskoslezském kraji s technikou, která je v současné době nabízena prodejci v České republice, bylo zjištěno, že vybavení používané v tomto kraji je na špičkové úrovni. Většina z používaných termokamer jsou poslední typy nabízené výrobcem.

Výsledky analýzy potvrzují, že možnost využití termokamer u různých druhů mimořádných událostí je opravdu široká. Prvotním smyslem termokamer je orientace v nepřehledném prostředí, vyhledávání osob a ohnisek požárů. Kromě tohoto účtu lze



termokamery použít i k dalším účelům například zjišťování hladiny v nádobách, odhalování úniků nebezpečných látek a pro výcvik pohybu v nepřehledném prostředí.

Z práce vyplývá, že většina rizik, která mohou nastat při práci s termokamerou, byla způsobena chybami lidského faktoru. Z tohoto důvodu bylo doporučeno klást velký důraz na zaškolení obsluhy termokamery, zvláště pak na získávání praktických zkušeností výcvikem používání termokamery v podmínkách podobných těm, které panují na místě zásahu. Jednou z možností může být například protiplynový polygon, ohňový simulátor nebo organizování cvičení zaměřených na vyhledávání osob a ohnisek požáru v zakouřeném prostředí.

## Literatura

- [1] BALNEROVÁ, J.: *Barvy* [online]. 2002 [cit. 2008-04-09]. Dostupný z WWW:<[utf.mff.cuni.cz/vyuka/OFY016/F2001/BalnerovaJitka.doc](http://utf.mff.cuni.cz/vyuka/OFY016/F2001/BalnerovaJitka.doc)>.
- [2] LEVITIN, J.B.: *Infračervená technika*. 1. vyd. Bratislava : ALFA, 1979. 160 s.
- [3] KREIDL, M.: *Měření teploty: Senzory a měřicí obvody*. 1. vyd. Praha : BEN, 2005. 240 s. ISBN 80-7300-145-4.
- [4] LYSENKO, V.: *Detektory pro bezdotykové měření teplot*. 1. vyd. Praha: BEN, 2005. 160 s. ISBN 80-7300-180-2.
- [5] ATELIER DEK - PROFIL [online]. 2008 [cit. 2008-04-07]. Dostupný z WWW:<<http://www.atelier-dek.cz/img/termovize/spektrum.png>>.
- [6] VAFEK, Z.: *Prezentace Dräger-Safety*
- [7] Bullard Thermal Imaging Application Videos [online]. 2008 [cit. 2008-04-07]. Dostupný z WWW:<[http://www.bullard.com/Thermalimager/Media\\_Info/Videogallery.shtml](http://www.bullard.com/Thermalimager/Media_Info/Videogallery.shtml)>.
- [8] *Záření absolutně černého tělesa* [online]. 2008 [cit. 2008-04-04]. Dostupný z WWW:<[http://www.gymhol.cz/projekt/fyzika/13\\_act/13\\_act\\_soubory/image004.jpg](http://www.gymhol.cz/projekt/fyzika/13_act/13_act_soubory/image004.jpg)>.
- [9] *Česká termokamera* [online]. 2008 [cit. 2008-04-08]. Dostupný z WWW:<<http://termokamera.cz/>>.
- [10] MARYŠKOVÁ, V, MORNSTEIN, V.: *TermovizeDEM* [online]. 2007 [cit.2008-04-07]. Dostupný z WWW:<<http://www.med.muni.cz/biofyz/Dokumenty/termovizeDEM.ppt>>.
- [11] *Education and Reference* [online]. 2007 [cit. 2008-04-05]. Dostupný z WWW:<[http://www.electro-optical.com/html/bb\\_rad/images/transm.gif](http://www.electro-optical.com/html/bb_rad/images/transm.gif)>
- [12] *Index of projects/MCVPIImages* [online]. 2008 [cit. 2008-04-07]. Dostupný z WWW:<<http://alfven.princeton.edu/projects/MCVPIImages/PlanckGraph.gif>>.
- [13] VAŠKO, A.: *Infračervené záření a jeho použití*. 1. vyd. Praha : Státní nakladatelství technické literatury, 1963. 296 s.
- [14] GRYGAR, J.: *Dvě století infračervené astronomie*. InAstroNoviny [online]. 2000 [cit. 2008-04-09]. Dostupný z WWW: <[http://www.ian.cz/detart\\_fr.php?id=226](http://www.ian.cz/detart_fr.php?id=226)>.
- [15] FUKÁTKO, T.: *Detekce a měření různých druhů záření*. 1. vyd. Praha : BEN, 2007. 192 s. ISBN 80-7300-193-3.

- [16] NASA - *Inexpensive Detector Sees the Invisible, In Color* [online]. 2006 [cit. 2008-04-07]. Dostupný z WWW:<[http://www.nasa.gov/centers/goddard/news/topstory/2006/qwip\\_advance.html](http://www.nasa.gov/centers/goddard/news/topstory/2006/qwip_advance.html)>.
- [17] Hasičský záchranný sbor Plzeňského kraje
- [18] Ministerstvo vnitra – Generální ředitelství HZS ČR: *Řád chemické služby Hasičského záchranného sboru České republiky* 2006. 78 s.
- [19] Ministerstvo vnitra – Generální ředitelství HZS ČR: *Bojový řád jednotek požární ochrany* [online]. 2005 [cit. 2008-04-08]. Dostupný z WWW:<[http://www.mvcr.cz/hasici/izs/bojrad/index\\_hasici.html](http://www.mvcr.cz/hasici/izs/bojrad/index_hasici.html)>.
- [20] Total Fire Group [online]. 1997-2007 [cit. 2008-04-05]. Dostupný z WWW:<<http://www.totalfiregroup.com/>>.
- [21] GB SOLO Thermal Imaging Cameras and Fire Helmets [online]. 2008 [cit. 2008-04-09]. Dostupný z WWW:<<http://www.gbsolo.com/>>.
- [22] Thermal Imagings Camera [online]. 2008 [cit. 2008-04-05]. Dostupný z WWW:<<http://www.msafire.com/catalog/catalog508.html>>.
- [23] 3M US: OH&ES [online]. 2008 [cit. 2008-04-08]. Dostupný z WWW:<[http://solutions.3m.com/wps/portal/3M/en\\_US/Health/Safety/Products/Catalog/?PC\\_7\\_RJH9U5230GE3E02LES9MG812H2\\_nid=X9L8MKLXZ4beCJMCCKJR71gl&WT.mc\\_id=www.fireflir.com](http://solutions.3m.com/wps/portal/3M/en_US/Health/Safety/Products/Catalog/?PC_7_RJH9U5230GE3E02LES9MG812H2_nid=X9L8MKLXZ4beCJMCCKJR71gl&WT.mc_id=www.fireflir.com)>.
- [24] Dräger Safety >> Dräger UCF 1600/3200 [online]. 2008 [cit. 2008-04-04]. Dostupný z WWW:<[http://www.draeger.com/ST/internet/US/en/Campaigns/UCF/draeger\\_ucf.jsp](http://www.draeger.com/ST/internet/US/en/Campaigns/UCF/draeger_ucf.jsp)>.
- [25] HZS Zlínského kraje [online]. 2007 [cit. 2008-04-11]. Dostupný z WWW:<<http://www.hzs-zlkraje.cz/aktuality7/0702/48.htm>>.
- [26] FF 131 [online]. 2008 [cit. 2008-04-08]. Dostupný z WWW:<<http://www.apollo-sensor.com/upload/32419/200751411456968339181.pdf>>.
- [27] Monitoring Pride Manufacturing [online]. 2008 [cit. 2008-04-05]. Dostupný z WWW:<<http://www.morningpride.com/images/Picture1FW.jpg>>.
- [28] Thermal Imaging Cameras for Firefighting and Rescue [online]. 2008 [cit. 2008-04-08]. Dostupný z WWW:<[http://www.firehelmets.co.uk/medium\\_solotic.jpg](http://www.firehelmets.co.uk/medium_solotic.jpg)>.
- [29] Thermal Imaging Cameras [online]. 2008 [cit. 2008-04-04]. Dostupný z WWW:<<http://media.msanet.com/na/usa/tic/EvolutionTIC/Evolution5600TIC/Evo5600.jpg>>.
- [30] Hasičský záchranný sbor Města Brna

- [31] *Argus Direct* [online]. 2008 [cit. 2008-04-05]. Dostupný  
z WWW:<<http://www.argusdirect.com/about-argus/history-of-thermal-imageing/>>.
- [32] Hasičský záchranný kraje Vysočina
- [33] *Argus Direct* [online]. 2008 [cit. 2008-04-09]. Dostupný  
z WWW:<<http://www.argusdirect.com/about-argus/camera-features/dynamics/>>.
- [34] *FS Thermal Images* [online]. 2006 [cit. 2008-04-07]. Dostupný  
z WWW:<<http://www.bullard.com/Photo%20Gallery/Thermal%20Imaging/Fire%20Service/FS%20Thermal%20Images/index.shtml>>.
- [35] *Argus4 Infrared Fire Camera* [online]. 2008 [cit. 2008-04-09]. Dostupný  
z WWW:<<http://www.infraredsys.com/Images/Argus4Web-View.jpg>>.
- [36] *FS Product Shots* [online]. 2006 [cit. 2008-04-08]. Dostupný  
z WWW:<[http://www.bullard.com/Photo%20Gallery/Thermal%20Imaging/Fire%20Service/FS%20Product%20Shots/slides/T4\\_face\\_left.jpg](http://www.bullard.com/Photo%20Gallery/Thermal%20Imaging/Fire%20Service/FS%20Product%20Shots/slides/T4_face_left.jpg)>.
- [37] *Dräger Talisman Elite* [online]. 2008 [cit. 2008-04-04]. Dostupný  
z WWW:<[http://www.draeger-safety.cz/ST/internet/images/MH/protection/talismanelite\\_lg.jpg](http://www.draeger-safety.cz/ST/internet/images/MH/protection/talismanelite_lg.jpg)>.

## Seznam obrázků

- Obrázek 1: Rozdělení elektromagnetického spektra
- Obrázek 2: Průchod záření ve vztahu k jeho vlnové délce
- Obrázek 3: Atmosférická okna záření proložena Planckovou křivkou pro pokojovou teplotu
- Obrázek 4: Schéma konstrukce černého tělesa
- Obrázek 5: Průběh intenzity vyzařování v závislosti na vlnové délce
- Obrázek 6: Měření tepelné bilance obytného domu
- Obrázek 7: Kontrola stavu izolátorů
- Obrázek 8: Zobrazení nártu po úrazu kotníku
- Obrázek 9: Termokamera P4428
- Obrázek 10: Hasiči v zakouřeném prostředí
- Obrázek 11: Dítě ukryté pod postelí
- Obrázek 12: Hořící panelový dům
- Obrázek 13: Nepřehledný požár na volném prostranství
- Obrázek 14: Požár na volném prostranství zobrazený termokamerou
- Obrázek 15: Hladina kapaliny v nádobě
- Obrázek 16: Úroveň naplnění zásobníků
- Obrázek 17: Nebezpečná látka na vodní hladině
- Obrázek 18: Příspěvky krajů HZS
- Obrázek 19: Vybavenost jednotlivých HZS krajů termokamerami
- Obrázek 20: Typy a počet termokamer používaných u HZS ČR
- Obrázek 21: Druhy a počet termokamer v Moravskoslezském kraji
- Obrázek 22: Paleta Grey Scale
- Obrázek 23: Paleta Grey Scale Black Hot
- Obrázek 24: Paleta Heat Finder Red Hot
- Obrázek 25: Paleta Heat Finder Red Black Hot
- Obrázek 26: Paleta Heat Finder Soft Red
- Obrázek 27: Paleta Heat Finder Soft Red Black Hot
- Obrázek 28: Paleta Heat Marker Red
- Obrázek 29: Paleta Heat Marker Soft Red
- Obrázek 30: Paleta Green Scale
- Obrázek 31: Paleta Full Colour 1

Obrázek 32: Paleta Full Colour 2  
Obrázek 33: Paleta Full Colour 3  
Obrázek 34: Paleta Half Colour  
Obrázek 35: Zobrazení Bullard T4  
Obrázek 36: Zobrazení Bullard T4  
Obrázek 37: Zobrazení Bullard T4  
Obrázek 38: Zobrazení Bullard T4  
Obrázek 39: Termokamera Bullard T4  
Obrázek 40: Termokamera Talismen ELITE  
Obrázek 41: Termokamera Argus 4  
Obrázek 42: Řez termokamerou Talisman ELITE  
Obrázek 43: Termokamera Total Fire Warrior  
Obrázek 44: Termokamera GB SOLOtic  
Obrázek 45: Termokamera MSA 5600  
Obrázek 46: Termokamera 3M FLIR FF 131  
Obrázek 47: Termokamera Dräger UCF 1600/3200

## **Seznam tabulek**

Tabulka 1: Rozmístění termokamer v Moravskoslezském kraji

Tabulka 2: Multikriteriální analýza

Tabulka 3: Párové porovnání kritérií

Tabulka 4: Porovnání variant řešení podle kritéria 1 Displej

Tabulka 5: Porovnání variant řešení podle kritéria 2 Hmotnost

Tabulka 6: Porovnání variant řešení podle kritéria 3 Možnost zobrazení

Tabulka 7: Porovnání variant řešení podle kritéria 4 Doba použití

Tabulka 8: Porovnání variant řešení podle kritéria 5 Cena

Tabulka 9: Srovnání termokamer Bullard T4, Talisman ELITE a Argus 4

Tabulka 10: Charakteristiky termokamery Total Fire Warrior

Tabulka 11: Charakteristiky termokamery GB SOLOtic

Tabulka 12: Charakteristiky termokamery MSA Evolution 5600 série

Tabulka 13: Charakteristiky termokamery 3M FLIR FF 131

Tabulka 14: Charakteristiky termokamer Dräger UCF 1600/3200

## **Seznam příloh**

Příloha 1: Multikriteriální analýza

Příloha 2: Možnosti zobrazení termokamery Argus 4

Příloha 3: Možnosti zobrazení termokamery Bullard T4

Příloha 4: Srovnání vybraných termokamer

Příloha 5: Řez termokamerou Talisman ELITE

Příloha 6: Novinky na trhu

## Příloha 1: Multikriteriální analýza

**Tabulka 3: Párové porovnání kritérií**

Kritérium	1	2	3	4	5	Součet	Váha
1	-	0	0	1	1	2	0,2
2	1	-	0	1	1	3	0,3
3	1	1	-	1	1	4	0,4
4	0	0	0	-	1	1	0,1
5	0	0	0	0	-	0	0

1. Kritérium Displej
2. Kritérium Hmotnost
3. Kritérium Možnost zobrazení
4. Kritérium Doba použití
5. Kritérium Cena

**Tabulka 4: Porovnání variant řešení podle kritéria 1 Displej**

Varianta	Bullard T4	Talisman ELITE	Argus 4	Součet	Hodnocení
Bullard T4	-	1	1	2	1
Talisman ELITE	0	-	0	0	0
Argus 4	0	0	-	0	0

**Tabulka 5: Porovnání variant řešení podle kritéria 2 Hmotnost**

Varianta	Bullard T4	Talisman ELITE	Argus 4	Součet	Hodnocení
Bullard T4	-	0	0	0	0
Talisman ELITE	1	-	1	2	0,667
Argus 4	1	0	-	1	0,333

**Tabulka 6: Porovnání variant řešení podle kritéria 3 Možnost zobrazení**

Varianta	Bullard T4	Talisman ELITE	Argus 4	Součet	Hodnocení
Bullard T4	-	1	0	1	0,333
Talisman ELITE	0	-	0	0	0
Argus 4	1	1	-	2	0,667



**Tabulka 7: Porovnání variant řešení podle kritéria 4 Doba použití**

Varianta	Bullard T4	Talisman ELITE	Argus 4	Součet	Hodnocení
Bullard T4	-	0	0	0	0
Talisman ELITE	1	-	1	2	0,667
Argus 4	1	0	-	1	0,333

**Tabulka 8: Porovnání variant řešení podle kritéria 5 Cena**

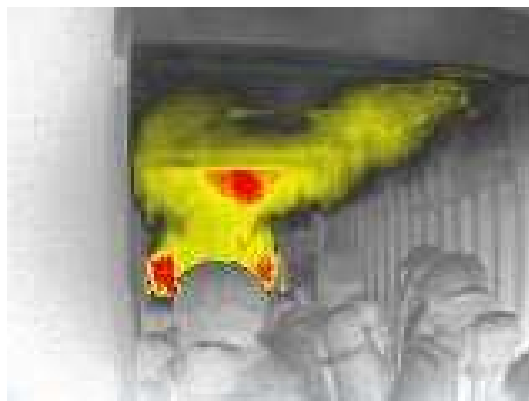
Varianta	Bullard T4	Talisman ELITE	Argus 4	Součet	Hodnocení
Bullard T4	-	0	0	0	0
Talisman ELITE	1	-	0	1	0,333
Argus 4	1	1	-	2	0,667

## **Příloha 2: Možnosti zobrazení termokamery Argus 4**

Obrázky jsou čerpány z [33].



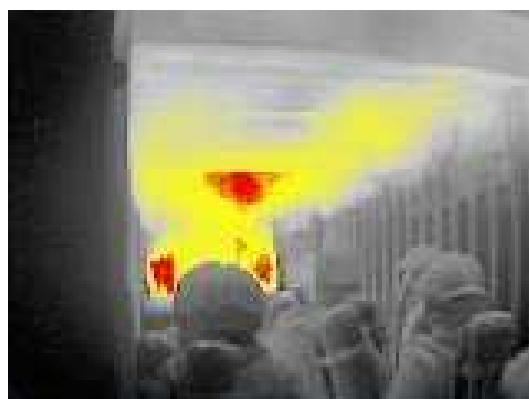
**Obrázek 22: Paleta Grey Scale**



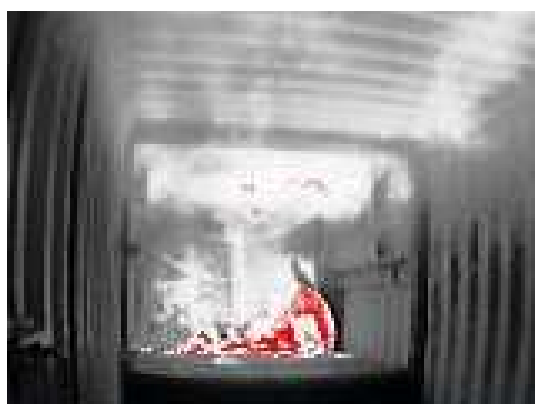
**Obrázek 25: Paleta Heat Finder Red Black Hot**



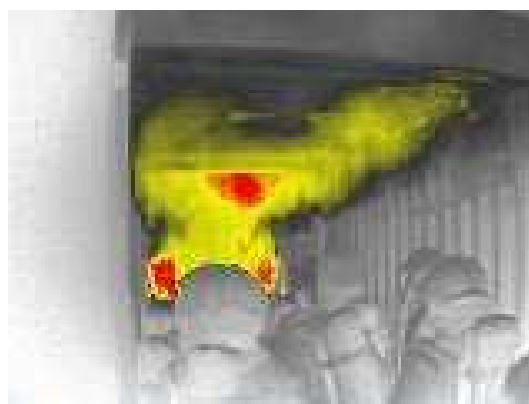
**Obrázek 23: Paleta Grey Scale Black Hot**



**Obrázek 26: Paleta Heat Finder Soft Red**



**Obrázek 24: Paleta Heat Finder Red Black Hot**



**Obrázek 27: Paleta Heat Finder Soft Red Black Hot**



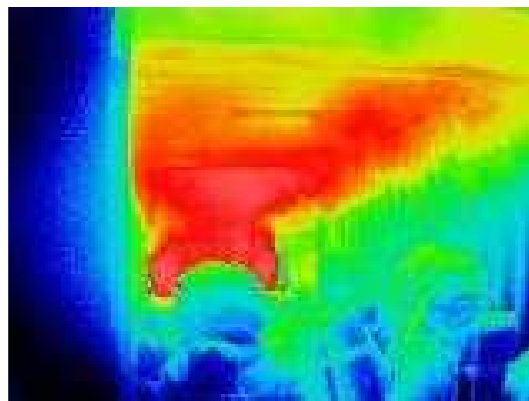
**Obrázek 28: Paleta Heat Marker Red**



**Obrázek 32: Paleta Full Colour 2**



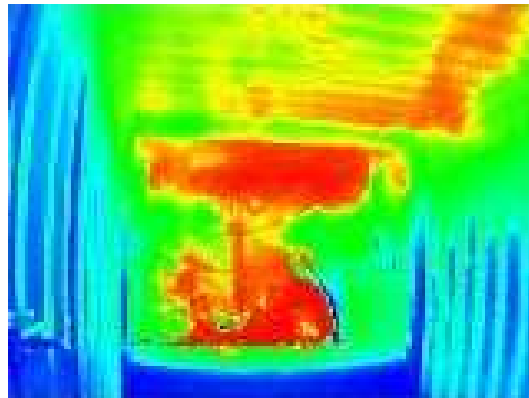
**Obrázek 29: Paleta Heat Marker Soft Red**



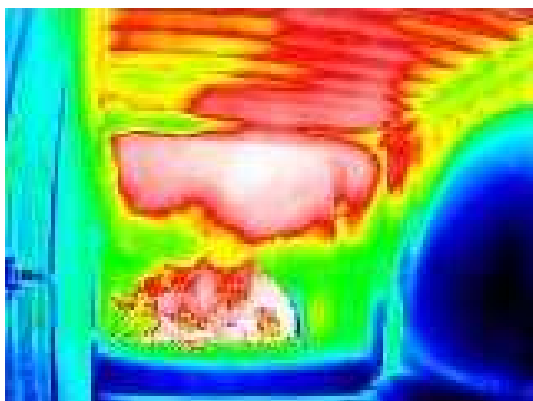
**Obrázek 33: Paleta Full Colour 3**



**Obrázek 30: Paleta Green Scale**



**Obrázek 34: Paleta Half Colour**



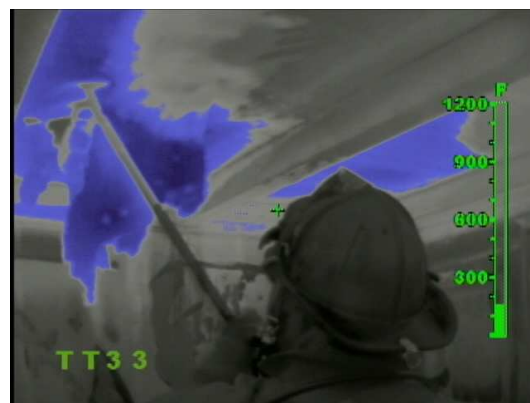
**Obrázek 31: Paleta Full Colour 1**

### **Příloha 3: Možnosti zobrazení termokamery Bullard T4**

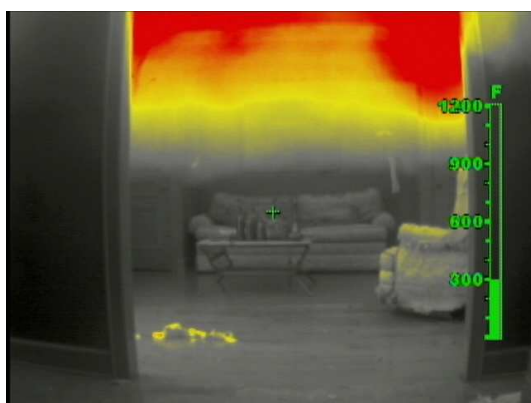
Obrázky jsou čerpány z [34].



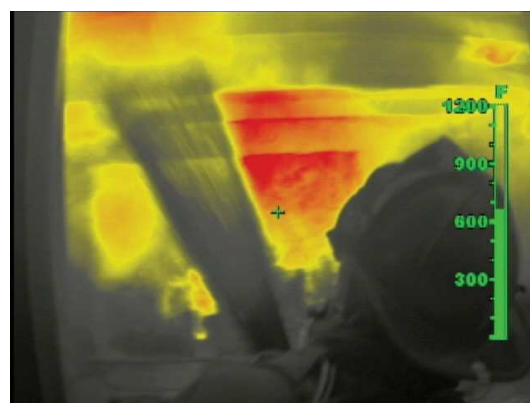
**Obrázek 35: Zobrazení Bullard T4**



**Obrázek 37: Zobrazení Bullard T4**



**Obrázek 36: Zobrazení Bullard T4**



**Obrázek 38: Zobrazení Bullard T4**

## Příloha 4: Srovnání vybraných termokamer



Obrázek 39: Termokamera Bullard T4 [36]



Obrázek 40: Termokamera Talisman ELITE [37]



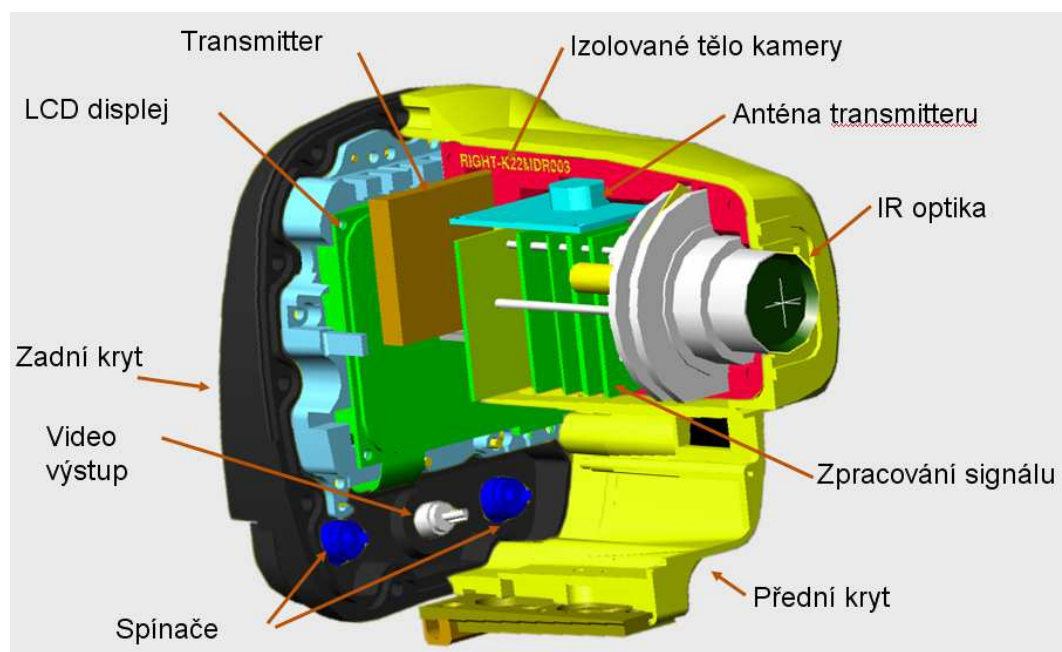
Obrázek 41: Termokamera Argus 4 [35]

**Tabulka 9: Srovnání termokamer Bullard T4, Talisman ELITE a Argus 4**

		<b>Bullard T4</b>	<b>Talisman ELITE</b>	<b>Argus 4</b>
<b>Displej</b>	<i>úhlopříčka</i>	4,3" 16 : 9	3,5"	3,5"
<b>Detektor</b>	<i>typ</i>	podchlaz. mikrobol. s digitál. proces.	mikrobolometr nechlazený	mikrobolometr nechlazený
<b>Detektor</b>	<i>materiál</i>	amorfní křemík aSi	amorfní křemík aSi	amorfní křemík aSi
<b>Detektor</b>	<i>IR spektrum</i>	7,5 - 14 um	8 - 14 um	8 - 14 um
<b>Detektor</b>	<i>rozměr</i>	320 x 240	320 x 240	160 x 120
<b>Detektor</b>	<i>frekvence</i>	60 Hz	30 Hz	30 Hz
<b>Detektor</b>	<i>teplotní rozlišení</i>	0,05 °C	0,05 °C	<0,1 °C
<b>Hmotnost</b>	<i>s baterií</i>	1,7 kg	1,3 kg	1,5 kg
<b>Hmotnost</b>	<i>bez baterie</i>	1,4 kg	0,75 kg	1,2 kg
<b>Čočka</b>	<i>materiál</i>	Germánium 5,8 mm	Germánium 8,5 mm	Germánium 6 mm
<b>Čočka</b>	<i>zorné pole</i>	50°	54°	50°
<b>Rozměry</b>	<i>v x d x š (mm)</i>	140 x 200 x 148	150 x 185 x 130	130 x 185 x 185
<b>Měření rel. teploty</b>	<i>zobrazení</i>	0 – 1 200 °C	- 20 – 1 000 °C	- 40 – 800 °C
<b>Barevné zvýraznění</b>	<i>nejteplejších míst</i>	černobílé, modré, žluté, červené	černobílé, žluté, červené	13 módů zobrazení
<b>Digit. zoom</b>		příplatek 2x, 4x	Ne	2x
<b>Uložení snímků</b>	<i>v kameře</i>	Ne	Ne	Ano
<b>Regulace clony</b>	<i>lepší zobrazení</i>	Ano	Ne	Ano
<b>Přenos signálu</b>	<i>bezdrátový</i>	příp. 2,4 GHz 300 mW	příp. 2,4 GHz 500 mW	2,4 GHz 300 mW
<b>Pracovní doba</b>	<i>na 1 baterii</i>	3 hodiny	5 hodiny	4 hodiny
<b>Pracovní teplota</b>	<i>odolnost (sál. teplo)</i>	260 °C 8 min. 150 °C 16 min. 1 000 °C krátkodobě	do 450 °C	260 °C 7 min. 150 °C 15 min. 80 °C 45 min.
<b>Odolnost</b>	<i>pád</i>	2 m	1,5 m	2 m
<b>Obal. materiál</b>	<i>krytí</i>	Ultem IP 67	IP 67	Radel IP 67
<b>Cena*</b>	<i>vč. DPH</i>	413 763 Kč	400 971 Kč	345 900 Kč

\*Údaje o ceně jsou získané od firem RLS s.r.o., Disam Safety s.r.o. a Zahas s.r.o..

## Příloha 5: Řez termokamerou Talisman ELITE



Obrázek 42: Řez termokamerou Talisman ELITE [6]

## Příloha 6: Novinky na trhu

### Termokamera Total Fire Warrior

Termokamera Total Fire Warrior je v současnosti dodávána jen na americký trh. Hlavní charakteristikou této termokamery je že, zasahující hasiči mají při zásahu volné ruce, a tím umožňuje jeho plné zapojení do záchranných a likvidačních prací. Termokamera je přichycena pomocí speciálního držáku přímo na přilbě. Velkou předností jsou její malé rozměry a nízká hmotnost. Svými rozměry se řadí mezi nejmenší termokamery používané v požární praxi. Tato termokamera byla původně vyvinuta pro armádní účely (odtud předpoklad odolnosti a spolehlivosti). Zdrojem energie jsou 2 klasické alkalické baterie typu AA. Měření teploty probíhá v rozmezí 0 – 600 °F. Umístění displeje je nastavitelné pomocí tzv. „Optics Boom“, který umožňuje posuv a otáčení displeje podle potřeb uživatele.

Nevýhodou je, že helma musí být vybavena držákem kamery. Výrobce provádí montáž na helmy vlastní výroby. Montáž tohoto držáku na jiný typ helmy je možný, ale je zde problém s případným zrušením záruky na danou helmu. Tato termokamera poskytuje informace pouze uživateli bez možnosti dálkového přenosu [20].

**Tabulka 10: Charakteristiky termokamery Total Fire Warrior**

Detektor	Mikrobolometr, amorfního silikonu (aSi)
Displej	OLCD
Rozměry	76 x 76 x 76 mm
Hmotnost	0,5 kg
Výdrž baterie	až 3 hodiny



**Obrázek 43: Termokamera Total Fire Warrior [27]**



## Termokamera GB SOLOtic

Jedná se o unikátní integrovanou helmu od firmy GB SOLO. Tato helma je vybavena termokamerou, komunikačním systémem, ochranou maskou, přívodem vzduchu a ochranou krku. Její tvar je navržen tak, aby nedocházelo k zachytávání o okolní předměty. Se svým ergonomickým designem dovoluje pohodlné nošení i dlouhodobé použití a umožňuje volný pohyb hlavy. Díky materiálovému složení je schopna odolávat teplotě 1 000 °C po dobu 10 sekund. Pro komunikaci má zabudovaný mikrofon a dvojici reproduktorů. Vstupy pro radiokomunikaci a dýchací techniku jsou kompatibilní s používanou technikou. Vnitřní maska se přizpůsobí uživateli. Výstupní signál je zobrazován Virtual Reality Viewing optikou na dvě malé LCD obrazovky umístěné před každým okem. Mozek si dokáže tyto dva malé obrazy spojit do jednoho velkého obrazu.

Nevýhodou této integrované termokamery je možnost pozorování jen jednou osobou. Otázkou je možnost použití jedné termokamery více uživateli. Dále má helma vnitřní izolaci pro tlumení nárazů. Ta může způsobit, že hasič vybavený touto technikou neuslyší praskání a hroucení konstrukcí a hrozí tak nebezpečí zavalení nebo propadnutí [21].

**Tabulka 11: Charakteristiky termokamery GB SOLOtic**

Detektor	Mikrobolometr, amorfního silikonu (aSi)
Rozměr pole	160 x 120 pixel
Displej	2 ks LCD (180 000 pixel)
Výdrž baterie	až 2 hodiny 20 minut



**Obrázek 44: Termokamera GB SOLOtic [28]**

## Termokamera MSA Evolution 5600 série

Pro ovládání se používá jedno tlačítko, kterým se kamera zapne, vypne nebo uvede do úsporného módu. Termokamera pracuje ve dvou režimech, vysoké a nízké rozlišení. Při teplotě prostředí vyšší jak 160 °C dojde k automatickému přechodu na menší rozlišení. Používá funkci zvýraznění rizikových míst odstíny červené barvy. V režimu vysokého rozlišení jsou odlišeny teploty vyšší než 147 °C a v režimu nízkého rozlišení jsou rozlišeny teploty nad 490 °C. Ve vysokém rozlišení je teplota měřena v rozsahu 0 – 150 °C a v nízkém rozlišení je měřena v rozsahu 0 – 500 °C [22].

**Tabulka 12: Charakteristiky termokamery MSA Evolution 5600 série**

Detektor	Mikrobolometr , Oxid vanadu (VOx)
Rozměr pole	120 x 120 pixel
Citlivost	0,085 °C při režimu vysoké citlivosti 0,35 °C při režimu nízké citlivosti
Displej	3,5“ LCD
Rozměry	275 x 205 x 112 mm
Hmotnost	1,3 kg
Výdrž baterie	až 2 hodiny



**Obrázek 45: Termokamera MSA 5600 [29]**

## Termokamera 3M FLIR FF 131

Jedná se o termokameru s unikátním designem, velkým displejem a možností použití palety barev pro zobrazení. Její konstrukce je navržena tak, aby vyhovovala použití v každé pozici. Je zvláště přizpůsobena pro pohyb při zemi, kdy díky svému tvaru vydrží zatížení až 140 kg. Displej je skloněn v úhlu zaručujícím dobrou viditelnost při pohledu nahoru i kolem překážek. Je určena pro držení v jedné ruce a v poloze blízké pasu. Obraz je přenášen na velký LCD displej, který umožňuje pohodlné sledování obrazu více lidmi. Obnovovací frekvence 60 Hz zajišťuje plynulý a ostrý obraz. Uživateli nabízí standardně paletu tří barevných zobrazení. Běžné zobrazení odstínů šedé je nejvíce vhodné pro orientaci v prostoru, vyhledávání a záchranu osob. Tzv. Autumn paleta zobrazuje ve žlutých odstínech teploty kolem 200 °C, což je zhruba teplota hoření dřeva a papíru. Třetí paleta Full Colour zobrazuje malé rozdíly teplot, a je tak vhodná pro sledování elektrozařízení, zásahy s výskytem nebezpečné látky a pro vyšetřování. Termokamera má velký dynamický rozsah pro měření teploty 0 – 650 °C [23].

**Tabulka 13: Charakteristiky termokamery 3M FLIR FF 131**

Detektor	Mikrobolometr , Oxid vanadu (VOx)
Rozměr pole	320 x 240 pixel
Citlivost	< 0,05 °C
Displej	5“ LCD
Rozměry	240 x 420 x 160 mm
Hmotnost	2,6 kg
Výdrž baterie	až 2,5 hodiny



**Obrázek 46: Termokamera 3M FLIR FF 131 [26]**

## Termokamera Dräger UCF 1600/3200

Tato termokamera používá stejný obal pro dvě variace senzoru. Obraz je zobrazován na LCD displeji s obnovovací frekvencí 60 Hz. Standardně nabízí paletu 6 barev pro lepší přehled o rozložení teplot. Palety jsou TempColour, Autumn, Black/Yellow, Yellow, GrayScale a BlackHot. Standardní je použití palety TempColour. Disponuje dynamickým rozsahem 650 °C. Používá normální režim pro zobrazování teplot do 130 °C a režim Firefighting, pro zobrazení teplot vyšších. Přejít mezi režimy se provede automaticky, pokud více jak 10 % termooobrazu má vyšší teplotu než 130 °C. Při použití standardní palety jsou v normálním režimu teploty pod 0 °C zobrazovány modře, pod 110 °C odstíny šedé a nad 110 °C postupně podle teploty, žlutě, oranžově a červeně. V druhém režimu je tato funkce obdobná s rozdílem, že teplotní hranice je 300 °C. Další funkcí je ThermalScan. Jedná se o funkci zbarvení termooobrazu v krocích. Nastaví se teplotní hranice a teploty vyšší než tato hranice jsou zobrazeny v odstínech žluté. Funkce „stand-by“ uvede termokameru do úsporného režimu [24].

**Tabulka 14: Charakteristiky termokamer Dräger UCF 1600/3200**

Detektor	Mikrobolometr , Oxid vanadu (VOx)
Rozměr pole	160 x 120 pixel nebo 320 x 240 pixel
Citlivost	< 0,05 °C u UCF 1600 <0,1 °C u UCF 3200
Displej	3,5“ LCD
Rozměry	140 x 140 x 180 mm
Hmotnost	1,3 kg
Výdrž baterie	až 4 hodiny



**Obrázek 47: Termokamera Dräger UCF 1600/3200 [24]**